

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra myslivosti a lesnické zoologie



**Porovnání měřicích metod v kranioetrii-použití digitálního
posuvného měřítka a 3D scanneru na modelovém příkladu
dolní čelisti prasete divokého (*Sus scrofa*)**

Bakalářská práce

Autor: Alena Ondrušková

Vedoucí práce: Ing. Klára Košinová

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Alena Ondrušková

Lesnictví
Provoz a řízení myslivosti

Název práce

Porovnání měřicích metod v kranioometrii-použití digitálního posuvného měřítka a 3D scanneru na modelovém příkladu dolní čelisti prasete divokého (*Sus scrofa*)

Název anglicky

Comparison of measurement methods in craniometry-use of digital caliper and 3D scanner for a model example of the mandible of wild boar (*Sus scrofa*)

Cíle práce

Cílem práce je porovnání přesnosti a využitelnosti dvou měřicích metod používaných v kranioometrii. Dílčím cílem je posouzení vhodnosti využití 3D skenovací technologie pro účely kranioetrie. Dalším cílem je porovnání přesnosti předchozího vyhodnocení kranioetrického měření dolních čelistí prasete divokého (*Sus scrofa*) provedeného pomocí digitálního posuvného měřítka s nově získanými údaji pomocí 3D skenovací technologie.

Metodika

Analýza bude založena na kranioetrickém měření dolních čelistí prasete divokého (*Sus scrofa*) pomocí digitálního posuvného měřítka, které bude následně doplněno o měření provedená 3D skenovací technologií. Po vytvoření 3D obrazů jednotlivých vzorků čelistí bude provedeno změření a vyhodnocení veškerých proměnných, které je možné pomocí této technologie zjistit. Dále bude vyhodnocena a posouzena vhodnost použití jednotlivých měřicích metod pro kranioetrii. V neposlední řadě budou porovnány výsledky získané oběma měřicími metodami a vyhodnoceny rozdíly výsledků. U veškerého materiálu bude uvedena hmotnost, věk a pohlaví jedince. Tyto údaje budou zpracovány v programu MS Excel a následně vyhodnoceny programem Statistika.

Literární rešerše bude průběžně konzultována s vedoucím práce a zpracována nejpozději do 31. srpna 2020. Do konce října 2020 bude provedeno měření zbývajících čelistí a výsledky budou zaznamenány do MS Excel a předány vedoucímu práce. První rukopis bakalářské práce bude předložen ke kontrole vedoucímu práce nejpozději do 31. ledna 2021.

Doporučený rozsah práce

cca 30 stran

Klíčová slova

Kraniometrie, prase divoké, 3D scanner, Vysočina

Doporučené zdroje informací

- Barba S, Florillo F, De Feo E. 2013. 3D-ANTLERS: VIRTUAL RECONSTRUCTION AND THREE-DIMENSIONAL MEASUREMENT, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XL-5/W1, 15-20, <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W1-15-2013>
- Gribel B, Gribel M, Frazão D, McNamara J, Manzi F. 2011. Accuracy and reliability of craniometric measurements on lateral cephalometry and 3D measurements on CBCT scans. *The Angle orthodontist*. 81. 26-35. 10.2319/032210-166.1.
- Hideki E, Yoshihiro H, Kyomi Y, Masaharu M, Jai-Chyi K. P, Liang-Kong L, Cheng-Han Ch., Tatsuo O. 2002. Geographical Variation of Mandible Size and Shape in the Wild Pig (*Sus scrofa*) from Taiwan and Japan. *Zoological Studies* 41(4): 452-460
- Kuzminsky S. C, Gardiner M. S. 2012. Three-dimensional laser scanning: potential uses for museum conservation and scientific research. *Journal of Archaeological Science*, 39(8), 2744–2751.
- Maderbacher M, Bauer M, Herler J, Postl L, Makasa L, Sturmbauer C. 2008. Assessment of traditional versus geometric morphometrics for discriminating populations of the *Tropheus moorii* species complex (Teleostei: Cichlidae), a Lake Tanganyika model for allopatric speciation. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*. Vol. 46, no. 2
- Toneva D, Nikolova S, Georgiev I, Tchorbadjieff A. 2017. Accuracy of Linear Craniometric Measurements Obtained from Laser Scanning Created 3D Models of Dry Skulls. 10.1007/978-3-319-49544-6_18.
-

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Klára Košinová

Garantující pracoviště

Katedra myslivosti a lesnické zoologie

Elektronicky schváleno dne 30. 4. 2020

doc. Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 21. 10. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 15. 04. 2021

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma "Porovnání měřicích metod v kranioometrii- použití digitálního posuvného měřítka a 3D scanneru na modelovém příkladu dolní čelisti prasete divokého (*Sus scrofa*)" vypracoval/a samostatně pod vedením Ing. Kláry Košinové a použil/a jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom/a že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V..... dne.....

Podpis autora

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Kláře Košinové, která vedla mou bakalářskou práci, za odborné vedení, rady a trpělivost při zpracování a dokončení práce. Dále bych ráda poděkovala své rodině a přítelovi za pevné nervy a ochotu mi vždy poskytnout pomoc.

Abstrakt

Lebeční rozměry mohou vypovídat mnohé o životě jedince i celé populace. Kraniometrie je nástroj, kterým lze zjišťovat lebeční rozměry. Lze ji provádět mnohými metodami, řada z nich však nezaručuje dostatečnou přesnost a replikovatelnost, navíc zjišťované parametry jsou limitovány.

Práce se zaměřuje na vyhodnocení přesnosti a využitelnosti dvou měřicích metod aplikovatelných v kraniometrii. Pro vyhodnocení měřicích metod byly použity čelisti prasete divokého (*Sus scrofa*) v rozmezí od 1 měsíce do 20 měsíců věku. Měřeno bylo 5 kraniometrických rozměrů na celkem 411 čelistech, které nejvíce reprezentují rozdíly mezi jedinci a rozdíly mezi populacemi. Rozměry byly primárně změřeny pomocí digitálního posuvného měřítka Kinex 6040-02-300. V druhé fázi byly stejné rozměry na čelistech měřeny pomocí digitalizace objektu 3D scannerem ATOS Compact Scan 12M Essential Line. Naměřené hodnoty byly porovnány a vyhodnoceny pomocí programu Statistika 13.0. Bylo zjištěno, že při měření digitálním posuvným měřidlem není možné měření přesně opakovat a dochází tak k významnému zkreslení výsledků. Naopak měření pomocí digitalizace objektu 3D scannerem přineslo statisticky významně přesnější měření. Parametry LC, BCP a LBM vykazují statisticky významný rozdíl ($p < 0.001$) při měření pomocí digitálního posuvného měřítka a 3D skeneru. U parametru LC byl zaznamenána průměrný rozdíl 0,87 mm od kontrolního měření pomocí digitálního posuvného měřítka. Podobný trend byl zaznamenán u parametrů BCP i LBM. Naopak v případě hodnoty BML a HG měřené posuvným měřítkem byly zaznamenány nižší průměrné hodnoty než při měření stejných rozměrů pomocí 3D scanneru.

Nejen, že 3D digitalizace objektu přináší přesnější a replikovatelné výsledky, ale nabízí možnost měření jakýchkoliv rozměrů na čelisti i lebce téměř bez omezení a pro budoucí vývoj kraniometrie je zavedení takovýchto přístrojů naprosto nezbytné.

Klíčová slova: Kraniometrie, prase divoké, 3D scanner, Vysočina

Abstract

The cranial proportions can tell a lot about a life of an individual and the entire population. Craniometry is a tool that can be used to detect the cranial proportions. The measuring can be done by many methods, but many of them do not guarantee sufficient accuracy and replicability and the detected parameters are limited.

This thesis focuses on the evaluation of the accuracy and usability of two measuring methods applicable in craniometry. The mandibles of wild boar (*Sus scrofa*) in the range from 1 month to 20 months of age were used to evaluate the measurement methods. Five craniometric parameters on a total of 411 mandibles, which represented the differences between individuals and differences between populations the most. Proportions were primarily measured using a digital vernier caliper Kinex 6040-02-300. In the second phase the same proportions on the mandibles were measured by digitizing the object with a 3D scanner ATOS Compact Scan 12M Essential Line. The measured values were compared and evaluated by using the program Statistika 13.0. It was found that when measuring with the digital vernier caliper, it is not possible to repeat the measuring accurately and thus there is a significant distortion of the results. But the measuring by digitizing the objects with a 3D scanner brought statistically significantly more accurate measurements. The LCy, BPC and LBM parameters show a statistically significant difference ($p < 0,001$) when measured with a digital vernier caliper and a 3D scanner. For the LC parameter an average difference of 0,87 mm was recorded from the control measurement using a digital vernier caliper. A similar trend was recorded for both BCP and LBM parameters. Conversely, in the case of the BML and HG values measured with a vernier caliper, lower average values were recorded then when measuring the same proportions using a 3D scanner.

Not only does the 3D digitization of the object bring more accurate and replicable results, but it offers the possibility of measuring any proportions on the jaw and skull almost without any limitations. For the future development of craniometry the introduction of such devices is absolutely necessary.

Keywords: Craniometry, wild boar, 3D scanner, Vysočina

Obsah

1	Seznam tabulek, obrázků a grafů.....	13
2	Úvod	14
3	Cíl práce	15
4	Literární rešerše.....	16
4.1	Anatomie lebky prasete divokého (<i>Sus scrofa</i>).....	16
4.2	Chrup prasete divokého (<i>Sus scrofa</i>) a odhad stáří	16
4.2.1	Vývoj chrupu prasete divokého (<i>Sus scrofa</i>).....	16
4.2.2	Odhad stáří prasete divokého (<i>Sus scrofa</i>)	19
4.2.2.1	Odhad stáří dle vývoje chrupu prasete divokého (<i>Sus scrofa</i>)	19
4.2.2.2	Odhad stáří dle opotřebení chrupu prasete divokého (<i>Sus scrofa</i>)	20
4.2.2.3	Odhad stáří dle Brandtova párákového indexu.....	21
4.3	Kraniometrie	21
4.3.1	Obecný popis	21
4.3.2	Kraniometrie prasete divokého (<i>Sus scrofa</i>)	22
4.3.3	Kraniometrie ostatních druhů	25
4.3.4	Kraniometrické metody.....	27
4.4	3D zobrazovací metody	29
5	Metodika a materiály.....	37
5.1	Popis území.....	37
5.2	Materiál a metody měření.....	38
5.2.1	Ruční měření – digitální posuvné měřítko	40
5.2.2	Měření 3D scannerem	40
5.2.3	Statistická analýza.....	41

6	Výsledky	42
6.1	Porovnání měřících metod	42
6.2	Porovnání kranio-metrických měření provedených oběma metodami	45
7	Diskuse	50
8	Závěr	52
9	Seznam literatury a použitých zdrojů.....	52
10	Seznam příloh	59

1 Seznam tabulek, obrázků a grafů

Tabulka 1: Přehled a srovnání využívaných kraniometrických metod	35
Tabulka 2: Vývoj chrupu. Autor: Bádr, 2018	39
Tabulka 3: Věkové kategorie. Autor: Klára Košinová, 2021	39
Tabulka 4: Porovnání měřících metod.	43
Tabulka 5: Rozlišení 3D skeneru.	43
Tabulka 6: Porovnání kraniometrických rozměrů měřených oběma metodami (dolní index s=scanner; dolní index c=caliper,).....	45
Graf 1: Porovnání měření rozměru LC pomocí obou metod v závislosti na věkových kategoriích	45
Graf 2: Porovnání měření rozměru BCP pomocí obou metod v závislosti na věkových kategoriích.	46
Graf 3: Porovnání měření rozměru BML pomocí obou metod v závislosti na věkových kategoriích.	47
Graf 4: Porovnání měření rozměru HG pomocí obou metod v závislosti na věkových kategoriích.	48
Graf 5: Porovnání měření rozměru LBM pomocí obou metod v závislosti na věkových kategoriích.	49
Obrázek 1: Měřené kraniometrické rozměry (LC, HG, LBM, BCP, BML). Zdroj: Klára Košinová, 2021	40
Obrázek 2: Umístění referenčních bodů na mandibule. Zdroj: Klára Košinová, 2021 ...	41
Obrázek 3: Měřitelné parametry 3D skenerem – úhel čelisti, sklon řezákové části čelisti, LC, BCP, HG (3D sken).....	43
Obrázek 4: Sklon řezákové části čelisti.....	44
Obrázek 5: Měření křivek – nejdelší obvod špičáku nad alveolou.	44
Obrázek 6: Objem objektu mandibuly.	44

2 Úvod

Kraniometrie je antropologická metoda, která vychází ze systému měření vnějších rozměrů a úhlů lebky. Pro měření jsou používány přesně definované body na lebce. Jako vědní obor vznikala kraniometrie v době 19. století. Za jejího zakladatele je považován antropolog a přírodovědec sir Francis Galton (1822-1911). Kraniometrie je uznávaná věda, která je využívána i ve velkém množství jiných vědních oborů.

V dnešní době existuje v odvětví kraniometrie mnoho měřících metod, jenž jsou využívány především k měření částí lebek různých živočichů. Vzniká tak velká řada studií, které jsou zaměřeny spíše na měření a porovnávání určitých druhů než na porovnávání a vyhodnocování různých metod měření mezi sebou.

Měření pomocí posuvných měřidel je z důvodu běžného a praktického využití například v myslivecké praxi považováno za dostačující. Bohužel měření pomocí takovýchto posuvných měřidel nelze zcela přesně opakovat a pro výzkumnou praxi nepostačují.

Ve vědecké a výzkumné praxi jsou stále častěji využívány právě různé snímací a skenovací 3D ale i 2D technologie. Jde například o geometrickou morfometrii (GM), počítačovou tomografii (CT), magnetickou rezonanci (MRI), počítačovou tomografii s kuželovým paprskem (CBCT; Cone Beam Computed Tomography) nebo o různé 3D skenery. Každá z těchto zařízení má však jinou přesnost snímání a nesprávné ovládání těchto zařízení může způsobovat nevyžádané odchylky.

Tato bakalářská práce vznikla právě pro porovnání přesnosti a využitelnosti dvou metod využívaných v kraniometrii, například pro měření dolních čelistí (mandibul). V tomto případě byla jako modelový příklad zvolena dolní čelist prasete divokého (*Sus scrofa*), u kterých bylo stanoveno stáří, následně byli změřeny oběma metodami.

Pro účely práce byly použity čelisti prasete divokého vykupované v rámci metodiky výkupu čelistí kraje Vysočina probíhající již od roku 2014. Dolní čelist je jedním z významných ukazatelů zdravého vývoje jedince a může tak poskytnout informace nejen o samotném jedinci, ale o celé populaci. V případě současných kraniometrických metod však nemusí docházet ke zjišťování adekvátních výsledků, a to převážně z důvodu nepřesnosti použitých měřících metod. Tento problém by mohl být řešen zavedením přesnějších metod s lepší aplikovatelností výsledků pro praxi, jako je právě použití 3D skeneru pro účely kraniometrických měření.

3 Cíl práce

Cílem práce je porovnání přesnosti a využitelnosti dvou měřících metod používaných v kranioometrii. Dílčím cílem je posouzení vhodnosti využití 3D skenovací technologie pro účely kranioetrie. Dalším cílem je porovnání přesnosti předchozího vyhodnocení kranioetrického měření dolních čelistí prasete divokého (*Sus scrofa*) provedeného pomocí digitálního posuvného měřidla s nově získanými údaji pomocí 3D skenovací technologie.

4 Literární řešerše

4.1 Anatomie lebky prasete divokého (*Sus scrofa*)

Tvar lebky každého jedince je dán genetickými vlastnostmi – dědičností (ZELDITCH et al., 2004), avšak nejedná se o jediný faktor, který jej ovlivňuje. Nejen genetické faktory, ale i epigenetické, jako je teplota, klima, strava, sexuální dimorfismus a individuální variace se podílejí na budoucím tvaru lebky (VIGNE et al., 2009).

Pro prasata je typická především úzká lebka, která má z boku klínovitý tvar s otevřenými očnicemi. Délka lebky prasete divokého (*Sus scrofa*) se pohybuje okolo 410–470 mm. Slzní kosti prasat jsou poměrně dlouhé, nízké a horní hranu mají delší než hranu dolní (WOLF, 1977). Po stranách má dlouhé bradavkové výběžky a malé řezákové otvory (ANDĚRA et al., 2005).

Dolní čelist je nepárová kost v obličejové části. Mandibula prasete divokého (*Sus scrofa*) tvoří tělo dolní čelisti, kde se v přední části nachází bradový otvor. V přední části na čelisti vyrůstají tři páry řezáků (I₁₋₃), následují špičáky (C). Na špičáky navazují čtyři páry premolárů (P₁₋₄) a poslední v řadě jsou moláry – stoličky (M₁₋₃). Právě podle vývoje a opotřebení chrupu se dá odhadovat stáří prasat (ČERVENÝ, 1999).

4.2 Chrup prasete divokého (*Sus scrofa*) a odhad stáří

4.2.1 Vývoj chrupu prasete divokého (*Sus scrofa*)

Prase divoké (*Sus scrofa*) má svůj chrup, na rozdíl od ostatních druhů zvěře, velmi specifický a odlišný. Žvýkací plochy zubů nejsou tak velké, jako v případě býložravců. Chybí i ostré hrany, které jsou typické pro šelmy (WOLF, 1977; LOCHMAN, 1978).

Selata prasete divokého (*Sus scrofa*) se již rodí se čtyřmi zuby v horní i dolní čelisti. A to s řezáky (i₃) a špičáky (c). Tyto malé zuby však zatím neslouží pro příjem pevné potravy (WOLF, 1995; HARLING, 2009).

Po dosažení zhruba čtvrt roku života je mléčný chrup kompletní a je složen ze tří řezáků, tří zubů třenových a jedno špičáku v každé polovině čelisti (HARLING, 2009).

Jako u ostatních druhů, i selatům nejprve vyrůstá chrup mléčný ve vzorci $\frac{3\ 1\ 3\ 0}{3\ 1\ 3\ 0}$. Tento vzorec tvoří řezáky, špičáky a zuby třenové (premoláry). Následně je chrup mléčný postupně nahrazen

a doplněn za chrup trvalý. Vzorec trvalého chrupu vypadá následovně $\frac{3\ 1\ 4\ 3}{3\ 1\ 4\ 3}$. V případě prasete divokého (*Sus scrofa*) je výměna chrupu ukončena asi po dvou letech, někdy však může dojít k výjimkám (WOLF, 1977; LOCHMAN, 1978).

Vývoj mléčného chrupu není kompletní ani po čtyřech týdnech. V horní i dolní čelisti je po deseti zubech. Až zhruba po 15 týdnech je prořezaných celkem 28 zubů, po asi 12 měsících má sele 40 zubů (HARLING, 2009). Plně vybavený a vyměněný chrup má prase divoké (*Sus scrofa*) teprve ve stáří tří let (celkem 44 zubů). V tomto věku však prase ještě není zcela dospělé. V nepravidelných obloucích obou čelistí prasete divokého (*Sus scrofa*) se nachází vždy šest řezáků (3 páry), kde v horní čelisti jsou téměř kolmé k tvrdému patru. Vnitřní řezáky (I₁), tzv. „klíšťky“, jsou široké a krátké, řezáky I₂ („středáky“) jsou také široké, ale mají nerovné hřebeny. Vnější řezáky (I₃), zvané „krajáky“, jsou užší a hřeben mají se třemi hrboly. Řezáky v dolní čelisti jsou dlouhé a téměř rovnoběžné s tvrdým patrem a leží těsně u sebe. Řezáky I₁ a I₂ jsou podobně dlouhé a řezáky I₃ dosahují svou délkou zhruba do jejich poloviny (WOLF, 1977; LOCHMAN, 1978).

Selata stará 6-8 měsíců mají již všechny mléčné řezáky. Jako první z řezáků se vymění I₃ ve věku okolo deseti až dvanácti měsíců. Poté je vyměněn do čtrnácti měsíců řezák I₁, jako poslední, ve věku okolo 19-20 měsíců, je vyměněn řezák I₂. Do dvou let jsou řezáky bez znaků opotřebení až ve věku tří až čtyř let jsou již všechny řezáky obroušeny do jedné roviny (HARLING, 2009).

Zvláštností na chrupu prasete divokého (*Sus scrofa*) je to, že všechny 4 špičáky nemají ukončený růst, jsou tzv. hypselodontní (HANZAL, 2016). Právě špičáky (C) jsou nejmohutnějšími zuby v chrupu černé zvěře. V myslivecké mluvě se nazývají zbraně. Tyto zbraně nemají uzavřený kořen a kontinuálně dorůstají (WOLF, 1977). Jsou silně vyvinuté a vytočené směrem ven a vzhůru (ANDĚRA et al., 2005).

Tyto špičáky se nazývají páráky (dolní) a klektáky (horní). Klektáky jsou kratší a širší a jejich průřez je spíše oválný, lichoběžníkový – obvykle mají širší průřez. Páráky jsou delší a špičatější s trojbokým průřezem (LOCHMAN, 1978). Špičáky u prasat začínají růst zhruba ve věku 9–13 měsíců a jsou vždy větší a robustnější u samců než u samic. Od tohoto věku jsou na špičácích vidět první známky opotřebení. Rozsah opotřebení páráků se na zadních, distálně exponovaných částech zubů pohybují v rozmezí od 22 mm² do 153 mm² jejich délky (MAYER, 1988). Zubní lůžka dolních špičáků sahají až po lůžka třenových zubů a od řezáků jsou odděleny

poměrně velkou mezerou. Z dásně rostou vzhůru a stáčejí se vzad (WOLF, 1977). Oba dolní páráky vykazují výrazné a náhlé zmenšení šířky jejich proximálních částí. Tento jev je přisuzován nedostatečné tvorbě dentinu v obou špičácích (KIERDORF, 2003).

Vzájemným dotykem páráků a klektáků vzniká rovný obrus (HANZAL, 2016). Pokud dojde ke ztrátě nebo zlomení klektáku a nedochází tak dál k vzájemnému otěru, párák roste neustále dál a hrozí jeho zarůstání až do kůže horní čelisti. V takovém případě často dochází až k uhynutí jedince. K podobným poškozením zbraní dochází zejména ve vyšším věku jedince (WOLF, 1977).

Dolní špičáky bachyně jsou kratší než u samců a nazývají se háky a mají stejně jako páráky trojboký průřez (HANZAL, 2016). Až do dokončení výměny chrupu rostou špičáky bachyní spíše omezeně a postupně dochází k pomalému uzavírání kořenů (WOLF, 1977). Tyto kořeny sahají pod první až třetí premolár (zub třenový) a tvoří 31-80 % celkové délky háků. Plochy opotřebené špičáků bývají stejné jako u samců, ale pouze v rozmezí od 13 do 26 mm² jejich délky. (MAYER, 1988)

Prasata využívají špičáky nejen jako silné zbraně v soubojích, ale také pro značení stromů a příjem potravy. Pomocí špičáků dokáží ze země zvedat i větší a těžší předměty, čímž si zajišťují lepší přístup k potravě. Špičáky jsou zároveň náchylnější k poranění (KONJEVIĆ, 2006).

Za špičáky vyrůstají zuby třenové (premoláry, P₁₋₄), rostou těsně u sebe, jejich korunky jsou zploštělé a mají tři hrboly na žvýkací hraně. Horní premoláry se liší jejich zkusnou plochou (WOLF, 1977).

První zub třenový je označován jako P₁ a vyrůstá z čelisti už jako zub trvalý ve věku asi 7 měsíců. Avšak není tomu tak vždy, některým jedincům tento zub nevyrůstá vůbec. Ostatní třenové zuby p₂₋₄ vyrůstají nejprve jako zuby mléčné. Zub p₄ je trojdílný a vyměňovat se začne okolo 14-17 měsíce. Všechny ostatní premoláry se mění v chrup trvalý okolo devatenáctého až dvacátého prvního měsíce. Vyměněný zub P₄ je již dvoudílný a první výraznější znaky obroušení se objevují ve věku tří až čtyř let (HARLING, 2009).

Stoličky neboli moláry (M) jsou postavené hned za premoláry a těsně na sebe navazují. Směrem dozadu se stoličky rozšiřují a zvětšují, tvoří tak větší žvýkací plochu, na jejich vrscích jsou značné hrboly a výstupky. Vyrůstají jak v dolní, tak v horní čelisti vždy po třech párech. Největší z nich je trojdílný molár M₃, který dosahuje délky 3-4 centimetrů (FORST, 1983).

Moláry jsou velké zuby, které se nevejdou do malé čelisti selete, z tohoto důvodu vyrůstají později a již se nevyměňují. Jsou tedy součástí trvalého chrupu. Stolička M_1 vyrůstá jako první ve věku 6-8 měsíců. Ve stáří 10-12 měsíců se začíná prořezávat stolička M_2 a dorůstá ve stáří 14-17 měsíců. Stolička M_3 se začíná prořezávat okolo 19-21 měsíce a svůj růst dokončuje nejpozději do 36. měsíce (WOLF, 1977; HARLING, 2009).

4.2.2 Odhad stáří prasete divokého (*Sus scrofa*)

4.2.2.1 Odhad stáří dle vývoje chrupu prasete divokého (*Sus scrofa*)

Věk ulovených kusů lze poměrně přesně stanovit do stáří dvou let (24 měsíců) podle vývoje mléčného chrupu a jeho výměny za chrup trvalý. Pro odhad věku je důležité mít buď celou dolní čelist, nebo alespoň její polovinu. Pro rozlišení selat od lončáků je zásadní poslední premolár (P_4), který je u selat v mléčném chrupu trojdílný, kdežto u lončáků je dvojdílný (WOLF, 1995; HARLING, 2009; BÁDR, 2018).

Selata (5-7 měsíců) mají první molár (M_1) úplně vyvinutý a mléčné řezáky (i) jsou 2-5 mm široké. U selat ve stáří 8-12 měsíců jsou zhruba po 10 měsících trvale prořezány špičáky (C) a krajní řezáky (I_3). U lončáků (13-16 měsíců) probíhá prořezání stoličky M_2 , výměna vnitřních řezáků (I_1 jsou nyní silné 6-7 mm) a mění se i premoláry P_3 a P_4 . U starších lončáků (17-18 měsíců) vnitřní řezáky I_1 dorůstají délky vnějších řezáků i_2 , které se následně ve věku asi 18 měsíců vymění za chrup trvalý (HARLING, 2009; HANZAL, 2016).

Řezáky I_2 dorůstají poloviny délky středových řezáků I_1 zhruba ve věku dvaceti měsíců. Hrany těchto řezáků (I_1 a I_2), tak vytváří oblouk a až ve věku 22-24 měsíců dosahují řezáky I_1 a I_2 jedné roviny (WOLF, 1995).

Ve věku 19-20 měsíců (někdy i déle) se začíná prořezávat poslední stolička M_3 . Všechny trvalé zuby jsou již prořezány a řezáky tvoří klín. U lončáků ve věku 22-24 měsíců řezáky I_2 dorůstají řezáky I_1 , jsou plně vyvinuty a tvoří řadu. Stolička M_3 se stále prořezává. U prasat ve věku 36 měsíců se prořežou zbývající dva sloupky stoličky M_3 . Ve 3 letech je patrné opotřebení na prvním sloupku M_3 a ve věku 4 let je patrný dentin na prvním sloupku stoličky M_3 (HANZAL, 2016).

4.2.2.2 Odhad stáří dle opotřebení chrupu prasete divokého (*Sus scrofa*)

4.2.2.2.1 Řezáky

Stanovit stáří jedince dle řezáků lze pomocí pěti metod. Laboratorní metody zahrnují mikroskopické sledování vrstev sekundárního cementu a využití rentgenových zařízení k posouzení vyplnění zubní dřeně. U makroskopické metody lze věk určit pomocí velikosti obrusné plochy na I₁ a I₂, dle velikosti otvorů v kořenové části nebo lze určit podle poměrových změn částí řezáků (BÁDR, 2018).

A) Velikost obrusných ploch na I₁ a I₂

Ve třech letech by měl být obrus jen nepatrný na vrcholech zubů (4-5 mm). Ve 4 letech je již patrný úzký obrusový pás (10-11 mm), není však přes celou šířku zubu. V 5 letech je obrusový pás široký okolo 13 mm, stále ale není přes celou šířku zubu. Celé šířky zubu dosahuje až v 6 letech (14-15 mm). V 7 letech je 15-16 mm dlouhá a v osmi a více letech má až 19 mm, je vidět výrazně hnědé jádro dentinu. Tuto metodu se doporučuje kombinovat i s odhadem stáří na zubní řadě P₂-M₃ (BÁDR, 2018).

B) Velikost otvorů v kořenových částech

Toto hodnocení lze dobře využít při rozhodování mezi 3 a 4 letým jedincem. U jedinců do 3 let se nachází velký kořenový otvor (hlavně na kořenech I₂). U jedinců o rok starších je otvor již poloviční. S přibývajícím věkem je velikost těchto otvorů značně individuální, proto tato metoda není vhodná pro určování stáří u jedinců nad 4 roky (BÁDR, 2018).

C) Poměrové změny částí řezáků

Řezáky I₁ a I₂ jsou dorostlé ve věku 20 měsíců, růst jejich kořenů pokračuje až do pěti let, někdy i déle. S vyšším věkem se zubní lůžka zaplňují náhradní kostí a tím se řezáky postupně vysouvají a ubrušují (BÁDR, 2018).

4.2.2.2.2 Předstoličky a stoličky

U premolárů lze obrus sledovat po jejich výměně za trvalé, který je dobře patrný až okolo 5-6 let. Nejdříve se projevuje na P₃ a P₄, později i na P₂ a P₁ (pokud vyrostě), u stoliček M₁ a M₂ jde o individuální proces. Nejpresněji lze stanovit věk podle stoličky M₃. Postup abraze (obrusu) lze popisovat do 7-8 let věku (BÁDR, 2018).

4.2.2.3 Odhad stáří dle Brandtova párákového indexu

Věk ulovených divočáků je možné stanovit i podle mohutnosti jejich zbraní a obrusu páráků dle stanoveného indexu. Tento index je udáván jako poměr mezi průměrem na spodním konci páráků a průměrem na hraně obrusné plochy. U lončáků je tento index zhruba 1,80, index okolo 1,70 – 1,21 mají slabší kňouři ve věku 2-4 roky, index 1,20-1,05 mají kňouři staří 5-7 let a index 1,04-1,00 mají nejsilnější kňouři ve věku nad 8 let (HROMAS et al., 2008).

Při odhadu věku u bachyní se hodnotí háky, které se s přibývajícím věkem v kořenové oblasti zužují. Lončačky mají háky nejširší v oblasti kořene a s přibývajícím věkem se obrusná plocha posunuje k oblasti obrusu. U bachyní okolo 7 let se průměr zubního kanálku pohybuje okolo 1 mm a s přibývajícím věkem se stává nepatrným až se zcela uzavře (WOLF, 1995).

4.3 Kranioetrie

4.3.1 Obecný popis

První nástroje k měření lebek navrhl Bernard de Palissy (1563), první kranioetr však navrhl až Daubenton (1764), který byl používán pro měření polohy týlního otvoru u zvířat i lidí. V Českých zemích se kranioetrií zabýval zprvu dr. Edmund Grégr a J. Purkyně, který dal vytvořit nástroj na měření úhlu parietálního. Dále kranioetrii dokázali zdokonalit nejvíce francouzští antropologové, především P. Broca (1824-1880). Právě on dokázal, že při kranioetrických měření je důležitá především přesnost. Postupně byl stanoven přesný postup měření, známý jako „Klasická metoda kranioetrická“ (Ottův slovník naučný, 1998).

Morfologická struktura a kranioetrické rysy lebek u různých druhů savců jsou popsány v mnoha dokumentech v literatuře. Tyto dokumenty se nejčastěji týkají zástupců masožravců nebo hlodavců. Výzkum vývojového cyklu malých savců zahájil DEHNEL (1949).

Při kranioetrických měření přesnost měření určuje převážně i použitá metoda. Důležitá je nejen kvalita obrazu ale i kvalita využitých pomůcek – přesnost posuvného měřítka a použitý software – ale i velikost, materiál a tvar referenčního markeru. To vše může měření ovlivnit (GRIBEL, 2011). Proto GRIBEL (2011) ve své studii začal používat místo ocelových markerů plastové kuličky s otvory ve středu, tím dosáhl opakovatelnosti měření.

4.3.2 Kraniometrie prasete divokého (*Sus scrofa*)

GENOV et al. (1995) provedli průzkum, ve kterém porovnali pohlavní dimorfismus u populací divokých prasat ze středomořské oblasti. Pro výzkum bylo změřeno 24 kusů lebek samčích a 27 kusů lebek samičího pohlaví (51 jedinců z oblasti Maremma v Itálii a 16 jedinců z Alžírsko). U změřených lebek byl zjištěn pohlavní dimorfismus, který se více projevoval u Alžírské populace. Jedním z důvodů může být fakt, že Italská populace je křížena s prasaty domácími, k tomu u Alžírské populace nedochází.

ENDO et al. (1998) porovnal 322 mandibul prasete divokého (Ryukyu) z izolovaných ostrovů Amani-Oshima, Kakeroma, Okinawa, Ishigaki a Irimote. Měření těchto lebek bylo provedeno posuvným měřítkem s přesností na 1 mm. Pro dobré porovnání byl odhadnut věk jedinců podle růstu a opotřeby zubů, dále bylo stanoveno pohlaví dle velikosti mandibul jedinců. Téměř ve všech populacích se při měření vzdáleností od úhlu (LA) projeví významné rozdíly mezi jednotlivými pohlavími. Výjimku tvořila populace z ostrova Kakeroma, kde tyto rozdíly nebyly tak významné. Dále se lišily mandibuly populace Irimote, ty byly celkově menší než ostatní mandibuly z tchajwanských populací. Při měření se prokázalo, že vzorky populace Mie mohou být morfologicky podobné tchajwanským populacím.

APOLLONIO (1988) na základě mizicích italských populací prasete divokého (*Sus scrofa*) provedl výzkum na lebkách zdejších poddruhů prasat. Pro přesnější měření byly zvoleny samčí lebky, u kterých se měřila celková délka. Zaznamenané informace naznačují, že dochází ke křížení divokých prasat s těmi domácími a poukazují na příbuznost s populacemi prasat v západní Evropě. Dále morfologické údaje naznačují, že populace Maremma je součástí Cline of *Sus scrofa*.

BRUDNICKI (2005) provedl rozsáhlý výzkum objemů lebečních dutin zahrnující 130 lebek kanců a 104 lebek domácích prasat plemene WBP. Vzorky byly rozděleny do dvou věkových skupin zhruba od 8-12 měsíců a okolo 2 let u divokých jedinců a u domácích jedinců od 3-4 měsíců a 8-10 měsíců. U porovnání výsledků délek lebky u selat byl rozdíl zanedbatelný. Nejmladší věkové skupiny měly podobné kraniometrické výsledky a samice a samci nejevili významné rozdíly. Objem lebeční dutiny u samců byl 155,71 cm³ a u samic byl 147,88 cm³. U starších jedinců, kdy se již projevuje významnější pohlavní dimorfismus, byly rozdíly ve velikostech mozkových dutin větší. U samců objem dělal 198,50 cm³ a u samic činil 178,70

cm³. Svým výzkumem potvrzuje fakt, že lebeční dutiny divokých prasat jsou větší než u prasat domácích. A že velikost a tvar lebky prasat závisí především na pohlaví a věku jedinců.

Z pohledu morfologie lebky v závislosti na geografické variabilitě můžeme hovořit o následujících trendech: Velikost jedinců se zvyšuje ve směru na sever a východ. V severním a severovýchodním směru se zvětšuje absolutní a relativní délka lebky, slzných kostí a kostí týlních (*Squama occipitalis*). Zvětšení délky a hustoty srsti, tmavne i barva. V západních oblastech a s ubývající zeměpisnou šířkou jsou ostrovní populace menší (BRIEDMANN, 1986).

MARKOV et al. (2016) ve své studii porovnali morfologické rysy divokých prasat (*Sus scrofa*) obývajících Uralskou oblast. Zdejší populace je specifická díky svému rychlému utvoření (zhruba během 30 let). Analyzovali vzorky ze sbírek Zoologického výzkumného muzea Alexandra Koeniga (Německo, Bonn), Muzea zoologického ústavu Ruské akademie věd (Rusko, Sankt-Petersburg), Přírodní rezervace „Central Forest“ (Rusko), a lebky ulovených divočáků z regionu Ural. Všechny data shromáždili v letech 1993-2000. Do analýzy byly zahrnuty pouze vzorky starší dvou let. Měření bylo prováděno z jedné a stejné (obvykle levé) strany lebky, aby se zabránilo efektu fluktuující asymetrie, pomocí posuvného měřítka. Ukázalo se, že pro rozeznání vzorků hrají nejdůležitější roli maximální délka lebky, kondylobazální délka lebky a výška slzné kosti.

ANEZAKI (2013) ve své studii zkoumá různé variace mezi populacemi divokých prasat žijících na ostrovech Amami, Kakeroma, Tokunoshima, Okinawa, Ishigaki a Irimote. Pro srovnání se používají vzorky z ostrovů Kyushu a Honšú z Japonska (*Sus scrofa leucomystax*), Tchaj-wanu (*Sus scrofa taivanus*) a Vietnamu (*Sus scrofa moupinensis*). Bylo provedeno jedenáct měření na dolních čelistech a dvanáct měření dolních zubů pomocí posuvných měřítok. Hlavními ukazateli byli délky dolních čelistí a velikost zubů M₃. Následně byla použita bukolingvální měření P₃, P₄, M₁ a M₂ všech věkových skupin k porovnání rozdílů v jejich velikosti pomocí logaritmické poměrové techniky (hodnota LSI: Simpson, 1941). Z výsledků LSI je patrné, že Vietnamské populace jsou výrazně větší.

KONJEVIĆ (2006) provedl výzkum nejčastějších vad na dvaceti sadách špičáků prasete divokého (*Sus scrofa*) z Chorvatska. Osmnáct párů pocházelo z lovecké oblasti Moslavina, jedna sada z Dvor na Uni a poslední sada byla z regionu Vrgorac v Dalmácii. Délka špičáků byla měřena podél vnějšího zakřivení zubů pomocí pružného ocelového pásu. Nejčastějším

poraněním na špičácích byly zlomeniny. Při výzkumu vycházeli z tvrzení, že trauma je nejčastěji popisovaným problémem ovlivňující špičáky. Na poškozených zubech lze pozorovat tzv. zátky, které jsou tvořené terciálním dentinem. V závěru uvádí, že citlivost špičáků (zejména na poškození) je zvýšená díky jejich velikosti a skutečnosti, že vyčnívají z úst. Na druhou stranu mají špičáky výbornou reparativní schopnost (vyšší než u jiných zubů).

HOHL et al. (2014) popisují morfologické variace dolní čelisti (*Ramus mandibulae*) prasete divokého (*Sus scrofa*), které korelovali s rozdíly pohlaví i věku. Vzorky byly rozděleny do dvou skupin: mladí (15 samců a 12 samic) a dospělí (13 samců a 10 samic). Následně proběhla analýza pomocí Geometrické morfometrie (2D) tak, aby se posoudili rozdíly mezi skupinami. Analýza poukázala na významné rozdíly mezi variacemi tvaru, které souvisí s věkem i pohlavím. Dolní čelist je mnohem robustnější a objemnější u samic. Morfologické odlišnosti čelistí mezi mladými a dospělými kusy souvisí s osteosvalovým komplexem čelisti. Morfologické odchylky u dospělých kusů jsou spojeny také s dietními rozdíly mezi pohlavími.

OWEN et al. (2014) popisují proces domestikace, při kterém se zvyšuje fenotypová rozmanitost. Data byly získány z 52 prasat domácích a z 58 divokých prasat, na jejich lebky bylo umístěno čtyřicet čtyři trojrozměrných orientačních bodů a vzorky prošli analýzou pomocí geometrických morfometrických metod. Analýza odhalila, že mezi prasaty domácími a divokými existují malé ale statisticky významné rozdíly ve velikosti lebky. Těžiště lebek se překrývá. Lebky divokých prasat jsou štíhlé a s rovnějšími nosními otvory, kdežto domácí prasata mají celkově robustnější lebku s vystouplými nosními otvory. To dokazuje, že tyto druhy prasat lze rozeznat pomocí kraniální morfologie.

CONSTANTINESCU et al. (2014) se zaměřili na možnost křížení prasete divokého (*Sus scrofa*) a prasete domácího (*Sus scrofa domestica*), jejichž potomci bývají dále plodní. Na 10 lebkách divočáků a 10 lebkách prasat divokých ve věku 4 let provedli měření celkem 52 kranio-metrických rozměrů. Měření provedli pomocí elektronického posuvného měřítka (přesnost 0,01 mm), zootechnických děličů a kalibrovaného pravítka (-1 mm). Variabilita kranio-metrických indexů se pohybovala mezi 0,68 % a 23,81 %. Z 52 rozměrů bylo celkem 19 z nich statisticky nevýznamných, 14 z nich však vykazovalo velmi vysoké rozdíly. Na základě zjištěných údajů došli k závěru, že podobnost dat zapříčinil společný rodový původ těchto druhů. Rozdíly byly zapříčiněny důsledkem obecných a zvláštních podmínek prostředí, vyplývající z procesu domestikace.

4.3.3 Kranioetrie ostatních druhů

MANDERBACHER (2008) provedl výzkum na 211 jedincích Tlamovců Mooreových (*Tropheus moorii*), kteří byli odchyceni ve třech lokalitách v jižní části jezera Tanganika. Živé exempláře byli následně odeslány na univerzitu v Grazu v Rakousku. Z každé lokality (Katoto, Mbita a Nakaku) bylo odchyceno zhruba 70 jedinců v téměř vyrovnaném poměru obou pohlaví. Jedinci byli uvedeni do anestézie a oskenováni v bazénku naplněném vodou. Po přeměření byly ryby zabity a uchovány pro další měření. Pro tento druh existuje nespočet literatury se srovnáním morfologických vlastností a jejich variací tvaru. Ve výzkumu byla porovnána tradiční morfometrika (TM) a geometrická morfometrika (GM). Byla provedena i analýza kranionické variace (CVA) pro kontrolu pohlavního dimorfismu. Rozdíly mezi samicemi a samci se objevili v oblasti hlavy, zejména na čele ryb. Autoři v závěru uvádí, že metody TM i GM jsou schopny rozlišit populace rodu *Tropheus*. Rozdíly však lze mnohem lépe vizualizovat a kvantifikovat metodami založenými na souřadnicích. Kanonická variační analýza tělesných měření vykreslujících CV 2 proti CV 1 nemohla jasně oddělit tři populace *T. moorii*. I přes to, že rozdíly v populacích jsou patrné, došlo k velkému překrývání výsledů.

MARKOV (2014) popisuje kranioetrickou analýzu 93 lebek dospělých jedinců jelena obecného (*Cervus elaphus L.*) z Bulharska. Pomocí digitálního posuvného měřítka s přesností na 0,01 mm změřil 19 lineárních parametrů na lebce i zubech. Analýza statistické významnosti rozdílů mezi velikostmi lebky u obou pohlaví jelena v kombinované skupině vzorků ze čtyř populací vykazovaly významný rozdíl ($p = 0,05$) v 94,74 % ve všech studovaných kranioetrických parametrech. Dále hodnoty celkové délky lebky u bulharských jelenů byly o 6–12% nižší než u jelena jihovýchodní Evropy (*Cervus elaphus pannoniensis = Cervus elaphus montanus*) a o 10–14% vyšší než u východoevropského jelena (*Cervus elaphus hippelaphus*).

NETO et al. (2020) definovali obecný typ lebky rodu *Cerdocyon*. Pro studii využili 11 lebek těchto šelem, na kterých bylo změřeno 17 kranioetrických parametrů pomocí ručního posuvného měřítka Starrett 125 MEB. Měření proběhlo třikrát za pomoci stejného pracovníka, kvůli minimalizaci chyb. Délka lebky tohoto druhu dosahovala $131,66 \pm 14,86$ mm, zatímco v předchozích výzkumech se tento rozměr pohyboval v rozmezí $154,56 \pm 21,22$ mm.

UHLÍŘOVÁ (2011) popisuje podrobnou analýzu 722 recentních kostí rodu *Vulpes*. Při samotném výzkumu došla Uhlířová et al. k závěru, že druhové rozdíly byly patrné nejvíce v oblasti kranialní části skeletu a na zubech. Na základě kranioetrických studií, prováděných na

recentním materiálu *Vulpes vulpes* (ANDĚRA, SEDLÁČKOVÁ 2007), byl prokázán značný alometrický růst délkových rozměrů během prvních šesti měsíců života, později se většina rozměrů již nemění. Během dospělosti se mění například šířkové rozměry. BENEŠ (1975) ve své práci uvádí, že lišky obecné a polární pozdní části posledního glaciálu jsou menší než lišky střední části.

V závěru UHLÍŘOVÁ (2011) uvádí, že:

- 1) Metrika recentního kraniálního a postkraniálního skeletu druhů *Vulpes vulpes* a *Alopex lagopus* se významně liší, což platí zvláště u znaků pozorovaných na lebce. Odlišení jednotlivých druhů na základě morfologie je možné, ale pouze studiem kraniálního skeletu a dentice. V rámci postkraniálního skeletu nebyly morfologické rozdíly zjištěny. U některých recentních kosterních elementů, především u postkraniálního skeletu, se rozsahy naměřených hodnot u druhů *Vulpes vulpes* a *Alopex lagopus* vzájemně překrývají, i když průměrné hodnoty jsou výrazně odlišné.
- 2) Druhy *Vulpes vulpes* a *Alopex lagopus* lze v rámci gravettských i magdalénských lokalit navzájem jasně metricky odlišit. Nepodařilo se však prokázat rozdíly v metrice jednotlivých druhů mezi lokalitami gravettienu a magdalénienu. S jistotou se však podařilo prokázat, že fosilní zástupci lišky polární z moravských lokalit jsou v průměru větší než recentní jedinci téhož druhu.
- 3) Recentní lišky polární z oblasti Skandinávie nejsou geneticky v přímém vztahu k populacím obývajícím v pleistocénu střední Evropy. V současné chvíli se jeví jako pravděpodobné, že středoevropské populace lišky polární z konce pleistocénu nemigrovaly na sever, ale koncem posledního glaciálu vymřely.
- 4) Na základě morfologie a metriky recentní lebky a metriky postkraniálního skeletu je liška stepní (*Vulpes corsac*) dobře odlišitelná od *Vulpes vulpes* a *Alopex lagopus*, dříve uvažovaný výskyt lišky stepní v jeskyni Pekárna se však prokázat nepodařilo.

MATTIOLI et FERRETTI (2014) analyzovali morfometrii jelenů z přírodní rezervace Bosco Mesola (severní Itálie). Analyzována byla jejich tělesná hmotnost, kraniometrické rozměry, vzrůst a velikost paroží. Podrobně byly popsány jejich fyzické rysy, které byly porovnány s jinými evropskými populacemi jelenů. Zdejší jeleni byli v průměru o 15-50 % lehčí a nejméně o 8-15 % menší než jiní evropští jeleni. Paroží těchto jelenů je celkově menší s nevýrazným rozpětím a s korunami, které se tvořili pouze u malého množství jelenů. Pozorovaní jeleni byli rozděleni do těchto kategorií: kolouch, ročci, dospívající (2-4 roky), mladý dospělý (5-9 let) a

dospělých (více jak 9 let). Kranio-metrické údaje dokázali, že lebky jelenů Mesoly byly přibližně o 10 % menší než lebky středoevropských a skandinávských jelenů, zároveň byly přibližně stejně velké jako lebky pyrenejských a skotských jelenů a jen o málo větší než lebky tyrhénských jelenů. Střední délka horní řady zubů (106,5 mm) byla podobná jako u ostatních evropských populací.

BOBRETSOVA et al. (2020) poukazuje na kranio-metrickou variabilitu rejska obecného, která byla zkoumána na 613 lebkách mladých jedinců z 10 lokalit severovýchodní části evropského Ruska. K porovnání bylo změřeno 16 vzdáleností na všech lebkách. Zjištěna byla významná interpopulační variabilita ve velikosti celé lebky. Pro některé oblasti byly zaznamenány i specifické prvky pro tamní populace. Ukázalo se, že zeměpisná šířka i nadmořská výška významně ovlivňují variabilitu interpopulace. S vyšší nadmořskou výškou a směrem více na sever se lebky úměrně zmenšovaly.

4.3.4 Kranio-metrické metody

Pro správné měření vzorků se používají kranio-metrické orientační body, které se umísťují na zkoumaný exemplář. Tyto body jsou užitečné při porovnávání více vzorků mezi sebou. Mimo měření digitálními posuvnými měřítky lze využívat poměrně přesné lineární měření na digitálních modelech. 3D digitální databáze umožňuje vědcům ušetřit čas a cestovní výdaje, které by vznikly při shromažďování nových dat (KUZMINSKY et al., 2012).

Měření symetrických kostí by mělo být prováděno z jedné a vždy stejné strany (obvykle levé) kosti, tak aby se zabránilo efektu fluktuující asymetrie. Nejčastěji měřené rozměry bývají nejvariabilnější do věku asi 4 let, postupně zpomalují svůj růst až se úplně zastaví (MARKOV et al., 2016).

Mezi tradiční morfometrické veličiny patří měření délek, hloubek a šířek. Podobné datové sady ale neobsahují dostatek informací o tvaru, protože většina měření probíhá v podobných směrech nebo se přímo překrývají. (MANDERBACHER, 2008).

MATTIOLI et FERRETTI (2014) využili několik datových sad o jelenech evropských Mesola (*Cervus elaphus italicus*), které obsahovali údaje o tělesné hmotnosti, výšce v kohoutku, délce trupu a bodové hodnocení paroží (dle CIC). Pro kranio-metrické měření byly lebky měřeny digitálním posuvným měřítkem s přesností na 0,01 mm podle von den Driesch (1976). Pro lepší porovnání měření byly jeleni rozřazeni do několika věkových skupin: kolouši, ročci, subadulti

(2-4 roky), mladý dospělí (5-9 let) a dospělý (> 9 let). Jeleni Mesola jsou v průměru o 8-15 % lehčí než ostatní evropské jeleny. Skandinávští a středoevropské jeleny mají průměrně o 10 % větší lebky. Jeleny východní Evropy mají lebky větší až o 20 %. A přibližně stejně velké lebky jako pyrenejské a skotské jeleny. Jejich paroží má malé rozlohy a většinou nemají ani korunu.

UHLÍŘOVÁ (2011) zahrnuje do statistické analýzy 1610 kostí recentního i fosilního materiálu lišky obecné (*Vulpes vulpes*) a lišky polární (*Alopex lagopus*). Kraniometrická měření provedla s pomocí digitálního posuvného měřidla Kinex 150 mm/0,01 mm. Porovnávala celkovou délku a výšku spodních čelistí obou uvedených druhů. Délku lebek korelovala s jejich šířkou. U lišky obecné se délky lebek pohybovaly v rozmezí 134,1–153,98 mm s průměrem $148,24 \pm 5,96$ mm, u lišky polární 120,73–130,47 mm (průměr $125,6 \pm 6,89$ mm). Šířky lebek se pohybovaly u lišky obecné (*Vulpes vulpes*) okolo 70,76–90,78 mm s průměrem $79,12 \pm 4,82$ mm, u lišky polární (*Alopex lagopus*) 65,6–67,02 mm (průměr $66,31 \pm 1,0$ mm). Kondylobazální délky byly u *Vulpes vulpes* v rozmezí $142,32 \pm 5,8$ mm, u *Alopex lagopus* $121,61 \pm 4,73$ mm.

ENDO et al. (2002) měřil lebky prasat divokých (*Sus scrofa*) pomocí posuvných měřitek, dále u nich stanovil věk a pohlaví. Pro objasnění geografické tendence velikosti mezi populacemi Mie, Tanba, Oita, Iriomote Island a Tchaj-wan byly statistické rozdíly mezi průměrnými hodnotami pro každý znak zkoumány Studentovým t-testem. K této analýze byl použit balíček softwaru pro vícerozměrnou analýzu (ShakaiJoho Service, Tokio) přidaný do Microsoft Excel 98.

MANDERBACHER (2008) provedl měření na třech populacích Tlamovců Mooreových (*Tropheus moorii*), kteří jsou vynikajícími exempláři pro studium různorodosti a adaptace. Ve studii byla porovnána tradiční morfometrika (TM) a geometrická morfometrie (GM). Změřeno bylo 19 základních rozměrů - standardní délka (SL), délka hlavy (HL), šířka hlavy (HW), délka čenichu (SNL), interorbitální šířka (IOW), šířka dolní čelisti (LJW), dolní délka čelisti (LJL), hloubka tváře (CHD), průměr oka (ED), délka hřbetní ploutve (DFB), délka anální ploutve (AFB), délka břicha (VAB), hloubka těla u ventrální ploutve (BDV), hloubka těla na anální ploutev (BDA), šířka těla na původu anální ploutev (AW), kaudální ploutev délka 1 a 2 (CFL 1, CFL 2), délka kaudálního stopky (CPL) a hloubka kaudálního stopky (CPD). Pro měření vzdáleností mezi jednotlivými referenčními body bylo použito digitální posuvné měřítko s přesností na 0,01 mm. Kanonická variační analýza měření vykreslujících CV 2 proti CV 1 nemohla jasně oddělit tři populace *T. moorii*. I přes to, že jsou rozdíly mezi populacemi patrné, došlo k výraznému překrývání výsledků za pomoci tradičních měření. Byl proveden Goodallův

F-test pro testování celkových tvarových rozdílů mezi skupinami. Na základě tvarových proměnných se tři populace Katoto, Mbita a Nakaku výrazně lišily svým průměrem těla. Pomocí měření bylo zjištěno, že existují výrazné rozdíly mezi pohlavími.

Geometrická morfometrie se zabývá studiem variací a kovariancí tvaru a velikosti mezi organismy pomocí konfigurace anatomických homologních orientačních bodů na kartézské mřížce souřadnic. V této metodě se dále využívají semi-orientační body, které dopomáhají k utváření křivek při chybění dobře definovaných orientačních bodů (HOHL et al., 2014).

Ve forenzních vědách a archeologických průzkumech se využívá osteometrická analýza. Pomocí této analýzy lze zjistit původ jednotlivce i jeho pohlaví. Měření byla provedena na vzorku BC-110 (lebka afrického dospělého muže) pomocí rozpěrných posuvných měříttek (přesnost 0,02 mm), digitálních posuvných měříttek (přesnost 0,01 mm) a dále pomocí laserového skeneru NextEngine 3S ScannerUltra HD (LEE et GERDAU-RADONIC, 2019).

MORATA et al. (2020) provedli klinickou studii za účelem zjištění, zda pohlaví, typ obličeje a věk mohou ovlivnit vytvoření prediktivního modelu pomocí vzdálenosti pravého nebo levého oka od ucha k určení okluzní vertikální dimenze (OVD). Výzkumu se zúčastnilo celkem 381 dobrovolníků. U všech dobrovolníků byl zaznamenán věk, pohlaví a pomocí digitálního posuvného měřítka (Ubermann) zjištěny vzdálenosti nosu a brady a vzdálenosti pravého a levého oka od ucha. Ze zjištěných údajů vypočítali morfologický index obličeje (FI) a účastníci byli rozděleni podle typu na euryprosopické (FI <97), mezoprosopické (FI 97-104) a leptoprosopické (FI > 104). Vícenásobnou regresní analýzou bylo odhaleno, že věk nebyl prediktivní proměnou, OVD tedy záviselo na pohlaví a typu obličeje.

4.4 3D zobrazovací metody

V dnešní době je mnoho zařízení pro 3D zobrazování, jedná se například o skenovací zařízení s výpočetní tomografií (CT), zobrazovací magnetickou rezonancí (MRI) a terahertzové zobrazování (THz). Největším nedostatkem většiny z nich je jejich nepřenositelnost a také to, že většina institucí, které poskytují vzorky, neumožňuje transportovat své materiály mimo objekt instituce (KUZMINSKY et al., 2012).

V systematické a paleontologické oblasti se v poslední době objevují geometrické morfometrické studie, které se však z důvodu nedostatku vhodného materiálu zaměřují spíše na studium jen malých vzorků. Pro porovnání odchylek při měření různě velkých objektů bylo

využito a změřeno 400 lebek kočkodanů (*Cercopithecus aethiops*). Parametry velikosti a tvaru (včetně střední velikosti a tvaru, odchylek velikosti a tvaru, úhlů alometrických trajektorií), které se běžně používají v geometrických morfometrických studiích, se odhadují nejprve v původním vzorku a poté v náhodných dílčích vzorcích, tyto odhady jsou později vzájemně porovnány. K výraznému ovlivnění u jednotlivých vzorků dochází převážně u těch nejmenších vzorků (CARDINI et ELTON, 2007).

Vačnatci mají mnoho velikostí i stravovacích návyků ale žádný z druhů není specializovaný. Je prokázáno u jiných savců, že strava, vzorce chování, pohyb a obývané stanoviště ovlivňují tvar lebky u různých skupin savců, ale také fylogenetické dědictví hraje při vývoji lebky významnou roli. Za pomoci 2D geometrické morfometrie dat z lebek 204 vačnatců a analýzou fylomorfofátů, byl prostudován vliv stravy a ostatních ukazatelů na tvar lebky. Lebky s měřítkem byli nafoceny pomocí fotoaparátu Nikon D3200. Výsledky studie ukazují, že neexistují téměř žádné tvarové rozdíly mezi druhy vačnatců s rozdílnými stravovacími návyky (CHEMISQUY et al., 2021).

Dnes jsou již zobrazovací zařízení mnohem dostupnější, a proto vzniká mnoho článků a studií o jejich digitální přesnosti. Nejčastěji využívané zobrazovací metody pro lékařské a vědecké obory jsou počítačová tomografie (CT) a počítačová tomografie s kuželovým paprskem (CBCT), a to díky využívání CBCT v zubní ortodontické praxi (TONEVA, 2017). Využívání CBCT metody v ortodontii v minulém století popisuje i GRIBEL (2011).

Laserová skenovací zařízení se pohybují v širokém spektru cen, od cenově dostupných strojů (5 000 USD nebo méně) po drahé (50 000 USD a více). Laserové skenery jsou schopny vytvářet obrazy vnějších částí (povrchu) skenovaného objektu, s různou úrovní rozlišení, která závisí na vybavení, softwaru a zkušenostech výzkumného pracovníka. Dále jsou skenery schopny zaznamenávat objekty, které se liší velikostí a tvarem, od něčeho tak malého jako lidský molár, až po větší objekty, jako je lidská lebka. Objekty lze skenovat s nižším rozlišením, což šetří čas, ale vytváří naskenované obrazy s menším počtem polygonů a s méně podrobnostmi (KUZMINSKY et al., 2012).

V práci GRIBEL (2011) byla porovnávána přesnost kraniometrického měření provedených na kefalometrech (též kraniometr – slouží pro měření lebek i menších rozměrů těla) a na obrázcích počítačové tomografie s kuželovým paprskem (CBCT) a na kefalometrech. CBCT je vlastně evolucí původní počítačové tomografie (CT). CBCT umožňuje ortodontistům lépe prozkoumat

měkkou i tvrdou tkáň ve třech rozměrech. Na 25 skenovaných a měřených lebkách bylo umístěno 25 referenčních bodů. Měření byla provedena s CBCT a kefalometrem. Všechna měření byla provedena opakovaně po měsíci a z těchto měření byla vypočtena korelace. Dvanáct přímých kranio-metrických měření bylo provedeno za použití digitálního posuvného měřítka (27-500-90, GAC, Bohemia, NY) a bylo zaznamenáno do tabulek Excel 2007 (Microsoft, Redmond, Wash). Následovalo skenování za použití CBCT. Později byly obrazy nahrány do softwaru SimPlant Ortho 2.0, kde bylo provedeno měření. Kranio-metrická měření CBCT vypočítaná pomocí vyhrazeného „3D kefalometrického modulu“ jsou velmi přesná a lze je použít pro kranio-faciální analýzu. Mají však vnitřní omezení, která mají za následek zkreslení obrazu, zvětšení v některých oblastech a zmenšení v jiných. Zdá se ale, že díky určitým algoritmům se jde těmto odchýlkám vyvarovat.

Pro stanovení přesnosti lineárních měření na trojrozměrných (3D) obrazech byly porovnány 2 metody - multidetektorová počítačová tomografie (MDCT) a kuželová paprsková počítačová tomografie (CBCT). Na obou zařízeních bylo změřeno 24 lebek, na kterých bylo následně provedeno 21 měření pomocí posuvného měřítka. Opakované přímé měření i obrazové měření na 3D obrazech MDCT a CBCT vykazují vynikající spolehlivost s vysokým korelačním koeficientem (ICC). Zaznamenané hodnoty ICC byly jen 0,984, 0,990 a 0,0965. Rozdíly střední hodnoty byli také malé, pod 0,3 mm, 0,6 mm a 0,2 mm. Rovněž nebyl zjištěn žádný statistický rozdíl mezi přímým měřením na vyschlé lebce a měřením založeným na obou typech 3D CT vykreslování povrchu (KIM et al., 2012).

Segmentace obrazu je velmi žádaná pro generování 3D modelů kostí z CT dat. I přes to, že existuje mnoho takových metod, nebývají pro obecnou výzkumnou komunitu snadno dostupné. Z porovnání kvantifikace přesnosti tří nejpoužívanějších metod segmentace obrazu, dvou implementací prahování intenzity a detekce hran Canny, vyplývá, že všechny tři porovnávané metody mají srovnatelné výsledky s průměrnými odchýlkami v rozmezí 0,18 – 0,24 mm. Pro kostní diafýzu však detekce hran Canny a prahové hodnoty založené na Cannyho filtru generovaly 3D modely s výrazně vyšší přesností ve srovnání s těmi generovanými prostřednictvím vizuálně vybraných prahů (RATHNAYAKA et al., 2011).

Technologie CT je vhodná využívat spíše pro diagnostické a terapeutické účely v lékařské praxi, i přes to že vytváří velké virtuální databáze dat pacientů. Při práci s kostními zbytky z archeologických vykopávek nebo forenzních souvislostí by však měla být uplatňována opatrněji. Předpokládalo se, že vystavení kosti klinickým úrovním záření snižuje množství

odebratelné DNA, a proto by v případě předchozího CT-skenování mohlo být zabráněno extrakci staré DNA z ostatků kosti odhalených při archeologických vykopávkách. V tomto případě je vhodnější využívat laserové skenování. Proto je doporučováno využívat CT skenování spíše v případě, kdy jsou potřebná pouze povrchová data (TONEVA, 2017).

Počítačová tomografie (CT) poskytuje vysoce kontrastní zobrazení anatomie kloubu a běžně se používá k rekonstrukci 3D modelů kostí i chrupavek (CT artrografie), pro výrobu ortopedických implantátů. Pro posouzení přesnosti rekonstrukcí modelů povrchu kostí a chrupavek byla porovnána rekonstruovaná geometrie s digitalizacemi kostí získanými pomocí optického sledovacího systému. Bylo změřeno 8 intaktních kadaverózních loketních kloubů (průměrný věk 79 let) pomocí CT skeneru GE Discovery CT750 HD CT (GE, Waukesha, WI) (292 mA / rotace a 120 kVp). Výsledné rozměry voxelu byly přibližně $0,3 \times 0,3 \times 0,625$ mm. Celková průměrná chyba byla menší než 0,4 mm v kortikální oblasti a 0,3 mm v subchondrální oblasti kosti. Podobně vytváření 3D modelů povrchu chrupavky z CT skenů pomocí kontrastu vzduchu mělo střední chybu, menší než 0,3 mm. Výsledky této studie naznačují, že klinické CT skenovací protokoly a běžně používané a komerčně dostupné rekonstrukční algoritmy mohou vytvářet modely, které přesně představují skutečnou geometrii (LALONEA et al., 2015).

Mezi další využívané technologie lze zařadit i magnetickou rezonanci (MRI). Tato metoda lze využít jak pro zkoumání mrtvých těl, tak i pro zkoumání živých organismů. Při provádění takového skenování je zapotřebí do těla dostat kontrastní látku, která zvýrazní zkoumané části. Díky MRI lze přesně lokalizovat vomeronazální orgán (VNO, Jacobsonův orgán), který u psů a jiných savců je součástí smyslového ústrojí (DZIEŃCIOŁ et al., 2020).

Pro porovnání přesnosti měření ručními 3D laserovými technologiemi s využitím lokalizačních bodů bylo provedeno měření na 30 neidentifikovaných lebkách, na kterých bylo změřeno 26 liniových vzdáleností od lambdy a také 7 rozměrů šířky. Laserová 3D měření byla porovnána s klasickým konvenčním měřením. 3D laserová měření vykazují vynikající spolehlivost i při měření více lidmi. V metodě nebyly nalezeny žádné významné odchylky. Souhrnně je metoda 3D laserového skenování s lokalizací bodů užitečnou metodou s vynikající spolehlivostí a může nahradit konvenční metodu přímého měření v kraniometrii (PARK et al., 2006).

Ve své práci BARBA (2013) porovnává dva druhy skenerů – DAVID a ARTEC MH. Při práci se skenem typu DAVID je velmi důležité správné zaostření snímací kamery. Dále je skenování závislé na míře osvětlení – objekt musí být osvětlen rozptýleně, nikdy ne bodově ozářen. Tento

skener je vybaven web kamerou a červeným laserem. Hlavní komponenty tohoto skeneru jsou tři: webová kamera s vysokým rozlišením (1600 x 1200) s automatickým ostřením, laserový skener a software s názvem DAVID Laserscanner Professional Edition 2.6.6. Je velmi důležité, aby byl skenovaný objekt snímán velmi pomalu. Vhodnější je udělat velmi pomalý sken laserem než jich provést několik z různých směrů. Nebyly zaznamenány statisticky významné rozdíly mezi měřeními. Průměrný rozdíl činil 0,01 mm a všechna měření se nelišila o více než 0,3 mm od kraniometrického standardu.

K digitalizaci objektů se využívá celá řada 3D skenerů. Většinou se jedná o různé typy optických nebo laserových 3D skenerů. Pro srovnání byly porovnán optický skener Steinbichler Comet L3D a laserový skener Creaform EXAscan. Pro správné skenování bylo nutné udržovat základní parametry okolí beze změn – teplota, vlhkost, osvětlení. Změna prvních dvou parametrů může způsobit změnu rozměrů skenovaného objektu i změnu parametrů skenovacího systému. Větší přesnost měření vykazoval skener EXAscan s variačním rozsahem 0,043 mm oproti tomu skener Comet měl variační rozsah 1,314 mm (TÓTH et ŽIVČÁK, 2014).

Při skenování je zapotřebí velmi dobře nastavit kameru, která snímá objekt. Tento proces může být velmi náročný, proto je důležitá praxe s nastavováním objektivu. Optimální nastavení kamery závisí ve skutečnosti na několika faktorech: barvě a vlastnostech snímaného povrchu, osvětlení okolního prostředí, velikostí atd. Je zapotřebí dosáhnout homogenního osvětlení: denní světlo bez přímého dopadu slunečního svitu, osvětlení musí být rozptýlené ve všech směrech (hodnota osvětlení musí být stejná), nikdy nesmí být objekt bodově ozářen. Jednou z nejhlavnějších výhod tohoto zařízení je poměr kvality a ceny. V praxi bylo prokázáno, že pro dosažení dobrých výsledků jsou velmi důležité zkušenosti a správné zacházení s parametry webové kamery (BARBA, 2013).

Dále BARBA (2013) využívá a zkoumá možnosti ARTEC MH vysoce výkonného skeneru se zdrojem světla, který není laserem, ale žárovkou typu flash. Vyniká nízkou hmotností a kompaktní velikostí. Má pracovní vzdálenost 0,4 – 1 metr. Snímací systém je tvořen kamerou, zábleskovou žárovkou, která eliminuje světelný vzor. Nasnímaný objekt je převeden softwarem ARTEC do 3D obrazu. Skener nemá schopnost zachytit texturu ani vytvářet barevné skeny. Na objekt nemusí být umísťovány značky. Skener ARTEC MH je s jeho vyšší pořizovací cenou schopen skenovat ve vyšším rozlišení, menším šumem a s nižším množstvím nevyplněných ploch v modelu.

Při porovnávání dat došel BARBA (2013) ke zjištění, že skeny ze zařízení DAVID mají vyšší hladinu šumu a větší počet nevyplněných ploch modelu, takže 3D rekonstrukce je delší a složitější proces, fáze získávání dat je poměrně náročná, protože skener nelze otáčet kolem objektu a měření je méně přesné. Jeho drobné nevýhody kompenzuje jeho nižší pořizovací hodnota (BARBA et al., 2011).

Pro konstrukci trojrozměrných modelů zkoumaných vzorků, zejména v archeologických výzkumech, lze využívat i fotografické techniky na krátké vzdálenosti. Vyhodnocení přesnosti a využitelnosti bylo provedeno pomocí topologie 3D modelů pěti vlčích lebek a fotogrammetrie. Modely byly poté porovnány pomocí vizuálního, kvalitativního a dvou kvantitativních přístupů. Posledně uvedené vypočítalo mapu odchylek mezi dvojicemi 3D modelů, na kterou poté navázal geometrický morfometrický přístup založený na 3D orientačních bodech s použitím příslušných analýz. Z výzkumu vyplývá, že fotogrammetrie může produkovat 3D modely s vizuálně uspokojivými úrovněmi morfologických detailů, pokud jde o texturu, zbarvení a geometrii. Kvantitativní srovnání modelů navíc odhalilo průměrnou vzdálenost mezi dvěma povrchy 0,088 mm s průměrnou standardní odchylkou 0,53 mm. Fotogrammetrie tedy nabízí nízkonákladovou, snadno přenosnou a jednoduchou metodu oproti tradičnímu skenování (EWIN et al., 2016).

Komerční laserové skenery bývají často kalibrovány ve skenovací rovině tak, aby zohledňovaly změnu úhlu dopadu laserového paprsku. Účinky hloubky skenování a promítaného úhlu, charakterizující normálu povrchu měřené součásti mimo rovinu skenování, na přesnost měření nebývají ve standardním procesu kalibrace zohledněny. Vzniklé chyby digitalizací vysokorychlostními systémy 3D laserového skenování prošly analýzou a následně byly charakterizovány. Experimentální výsledky naznačují, že náhodná chyba naskenovaných dat se blíží nominální hodnotě poskytnuté výrobcem. Systematická chyba byla stanovena na přibližně 160 μm a vyvinutý empirický model správně předpovídal systematickou chybu s maximální odchylkou 25 μm (FENG et al., 2001).

WULF et WAGNER (2003) připomínají, že zobrazovací 3D metody jsou důležité i pro zautomatizování autodopravy, výroby a robotiky.

Tabulka 1: Přehled a srovnání využívaných kranio-metrických metod

Autor	Název článku	Metoda	Zařízení	Přesnost / rozlišení
Barba et al., 2013	3D-paroží: Virtuální rekonstrukce a trojrozměrné měření	laserový skener a 3D rekonstrukce	nízkoprofilový 3D skener DAVID; ruční skener ARTEC MH	1600 x 1200 MPx; 0,5 mm, přesnost 3D bodů až 0,1 mm, snímání až 288000 bodů/s
Cardini et Elton 2007	Velikost vzorku a chyba vzorkování v geometrických morfometrických studiích velikosti a tvaru	geometrická morfometrie	Morpheus (Slice 1999), Morphologica (O'Higgins and Jones 2006), TPSSmall 1.20 (Rohlf 2003b), NTSYS-pc 2.2d (Rohlf 2005)	95 %
Constantinescu et al., 2014	Srovnání kranio-metrických znaků mezi domácím prasetem (<i>Sus scrofa forma domestica</i>) a divočkem (<i>Sus scrofa</i>) z oblasti Transylvánie	kranio-metrické rozměry	elektronické posuvné měřítko	0,01 mm
Chemisquy et al., 2021	Forma, funkce a vývoj lebky vačnatců Didelphid (<i>Didelphimorphia: Didelphidae</i>)	2D geometrická morfometrie	Nikon D3200	3000 × 4512 pixelů
Gribel 2011	Přesnost a spolehlivost kranio-metrických měření na laterální cefalometrii a 3D měření na CBCT skenech	kranio-metrické rozměry, CBCT	CBCT iCAT Next Generation (Imaging Sciences International, Hatfield, Pa)	tloušťka řezu 0,3 mm, doba získání 26,9 sekund
Hideki et al., 2002	Geografická variace velikosti a tvaru dolní čelisti u divokého prasete (<i>Sus scrofa</i>) z Tchaj-wanu a Japonska	kranio-metrické rozměry	posuvné měřítko	
Kim et al., 2012	Vyhodnocení přesnosti 3D rekonstrukčních obrazů pomocí multidetektorového CT a kuželového paprsku CT Vyhodnocení přesnosti 3D rekonstrukčních obrazů pomocí multidetektorového CT a kuželového paprsku CT	CBCT, MDCT	3D eXam Dental CT (Kavo, Biberach, Německo); Somatom Sensation (Siemens, Erlangen, Německo)	FOV 23 × 17 cm, 8,5 s, 120 kVp, 50 mA, 2,8 s
Kuzminsky et al., 2012	Trojrozměrné laserové skenování: potenciální využití pro exponáty muzeí a vědecký výzkum	CT, MRI, THz	Skener Next Engine Scanner	
Lalone et al., 2015	Posouzení přesnosti 3D rekonstrukcí kostí pomocí CT	Počítačová tomografie (CT)	CT skeneru GE Discovery CT750 HD CT (GE, Waukesha, WI)	292 mA / rotace a 120 kVp
Manderbacher 2008	Posouzení tradiční versus geometrické morfometrie pro diskriminační populace komplexu druhů Tlamovce Mooreův (<i>Teleostei: Cichlidae</i>), model pro alopatrickou speciaci u jezera Tanganika	Tradiční morfometrie; geometrická morfometrie	Digitální posuvné měřítko; digitalizace softwarem MakeFan	0,01 mm
Maximiano Neto et al., 2020	Kranio-metrie v <i>Cerdocyon thous</i> (<i>Carnivora, Canidae</i>)	kranio-metrické rozměry	posuvné měřítko Starrett 125 MEB	0,01 mm
Markov et al., 2016	Morfologické rysy divočáka v Německu a Rusku: srovnání autochtonních a umělých populací	kranio-metrické rozměry	posuvné měřítko; měřicí pásmo	0,01 mm; 0,05 mm
Markov 2014	Morfometrické variace v lebce jelena obecného (<i>Cervus elaphus L.</i>) v Bulharsku	kranio-metrické rozměry	digitální posuvné měřítko	0,01 mm
Mattioli et Ferretti 2014	Morfometrická charakterizace jelena <i>Mesola Cervus elaphus italicus</i> (Mammalia: Cervidae)	kranio-metrické rozměry	digitální posuvné měřítko	0,01 mm

Mayer et Brisbin 1988	Identifikace pohlaví <i>Sus scrofa</i> na základě morfologie psa	kraniometrické rozměry	pružná ocelová páska	1,0 mm
Morata et al., 2019	Prediktivní model založený na kranioetrii k určení okluzní vertikální dimenze	kraniometrické rozměry	digitální posuvné měřítko (Ubermann)	
Park et al., 2006	Využití ručního laserového skenování při hodnocení kranioetrie	3D laserové skenování	Ruční laserový skener FastSCAN Cobra	Rozlišení 0,5 mm Přesnost 1 mm
Toneva et al., (2017)	Přesnost lineárních kranioetrických měření získaných z laserového skenování Vytvořené 3D modely suchých lebek	3D digitální modely	ruční laserový skener Creaform VIUscan™	rozlišení 0,7 mm, rozlišení textury 150 DPI, přesnost 0,050 mm
Tóth et Živčák, 2014	Srovnání výstupů 3D skenerů	3D digitální modely	Optický skener Steinbichler Comet L3D Laserový skener Creaform EXAscan	Rozlišení 2Mpx, 1600x1200 pixelů; Přesnost 40 μm

5 Metodika a materiály

5.1 Popis území

Čelisti využití pro tuto bakalářskou práci pocházeli z kraje Vysočina. Tento kraj s rozlohou 6 795,75 km² se nachází v České republice na pomezí Čech a Moravy. Nejnižší bod kraje se nachází v okrese Třebíč a jedná se o místo, kde řeka Jihlava opouští území kraje, naopak nejvyšším bodem je vrchol Javořice (837 m n. m.). Pro kraj Vysočina je typický zvlněný terén Českomoravské vrchoviny, rozčleněný táhlými kopci a údolími s vyšší nadmořskou výškou, proto je zde i řidší osídlení, i přes to je ale kraj protkán hustou sítí dopravní infrastruktury. Nachází se zde dvě chráněné krajinné oblasti – Žďárské vrchy a Železné hory. Značná část kraje spadá do části Českomoravské vrchoviny (Kraj Vysočina, 2008; Český statistický úřad, 2020).

Průměrný roční úhrn srážek za rok 2019 na území kraje Vysočina činil 645 mm a průměrná roční teplota byla 9,1 °C (Český Statistický úřad, 2020).

Lesy pokrývají zhruba 30 % (207 485 ha) z celkové plochy kraje, z toho nejhustěji zalesněná oblast se nachází na území Žďársko a v oblasti kolem Nového města na Moravě nebo okolo Bystřice nad Pernštejnem. Z této plochy tvoří 92,7 % lesy hospodářské, lesy zvláštního určení pokrývají 6,8 % a lesům ochranným zbývá 0,6 %. Nejvyšší zastoupení má v těchto lesních porostech smrk ztepilý (*Picea abies*) 73,5 %, borovice lesní (*Pinus sylvestris*) 11,2 % a dále modřín opadavý (*Larix decidua*) 3,1 %, buk lesní, dub zimní a letní, a další dřeviny. Za rok 2019 bylo vytěženo 7 780 128 m³ b. k., oproti tomu v roce 2018 bylo vytěženo jen 3 765 331 m³ b. k. (Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, 2020).

Význam je kladen především na zemědělství, proto plochy pro zemědělskou činnost zaujímají celkem 407 983 ha (orná půda 314 401 ha, trvalé travní porosty 82 416 ha, vinice 6 ha). Podmínky, které nabízí kraj Vysočina jsou optimální pro produkci obilovin, brambor, olejnin a především poskytují výhodné podmínky pro chov skotu. Z celkové výměry činila osevní plocha 277 417 ha, z toho nejvyšší podíl připadl v roce 2019 na obilniny, které byly osety na 47,9 %. Výměra obilovin tvořila na Vysočině z větší poloviny pšenice (56,4 %), z třetiny ječmen (30,9 %), dále žito (4 %), oves (3,8 %) a triticales (3,7 %), zbylý prostor připadl na kukuřici a ostatní obiloviny. Z okopanin zde mají největší význam brambory, které byly vysázeny na 7 721 ha. Mezi využívané olejninu se zde řadí především řepka (85,2 %) a další důležitou plodinou byl i

mák. Dále se na území kraje vyskytují i vodní plochy, které pokrývají 12 264 ha (Český statistický úřad, 2020).

Co se týče stavů černé zvěře na Vysočině za období od 1. dubna 2019 do 31. března 2020, činili kmenové stavy prasete divokého (*Sus scrofa*) 3 091 kusů, a v tomto období bylo odstřeleno 15 110 kusů černé zvěře. Na území Vysočiny se vyskytují i další druhy zvěře jako například jelení zvěř, daňčí zvěř, mufloní zvěř, srnčí zvěř, zajíci, kachny a bažanti. V období od 1. dubna 2019 do 31. března 2020 bylo v kmenových stavech evidováno 574 kusů jelení zvěře, 2 164 kusů daňčí zvěře, 1 776 kusů mufloní zvěře, 28 613 kusů srnčí zvěře, 26 604 zajíců, 11 247 kachen divokých a 5 846 bažantů. Ve stejném období bylo uloveno 223 jelenů evropských, 917 daňků skvrnitých, 744 muflonů, 10 697 srnců obecných, 5 719 zajíců polních, 12 493 kachen divokých a 22 137 bažantů (Český statistický úřad, 2020).

5.2 Materiál a metody měření

Materiál k analýze byl poskytnut krajem Vysočina, ve kterém již sedmým rokem probíhá výkup čelistí selat a bachyní prasete divokého (*Sus scrofa*) na základě vydané metodiky (Příloha 1).

V první fázi proběhlo třídění čelistí podle lokalit a jejich stavu. K samotnému měření byly použity pouze kompletní dolní čelisti, řádně vypreparované a bez poškození. Pro porovnání jednotlivých čelistí byly zjištěny a zaznamenány dostupné údaje do programu Excel – datum ulovení, honitba, hmotnost, pohlaví a každá čelist byla opatřena identifikačním číslem. Následně byl odhadnut věk jedince podle aktuálního vývoje chrupu, za použití metodiky odhadnutí věku pomocí tabulky vývoje chrupu (Tabulka 2). Pro další zpracování byly čelisti rozřazeny do 11 věkových kategorií (Tabulka 3). Celkem bylo změřeno a vyhodnoceno 411 čelistí, u kterých bylo provedeno měření pomocí posuvného měřítka a 3D skeneru, zaznamenání veškerých dostupných údajů o jedinci a statistické vyhodnocení.

Tabulka 2: Vývoj chrupu. Autor: Bádr, 2018

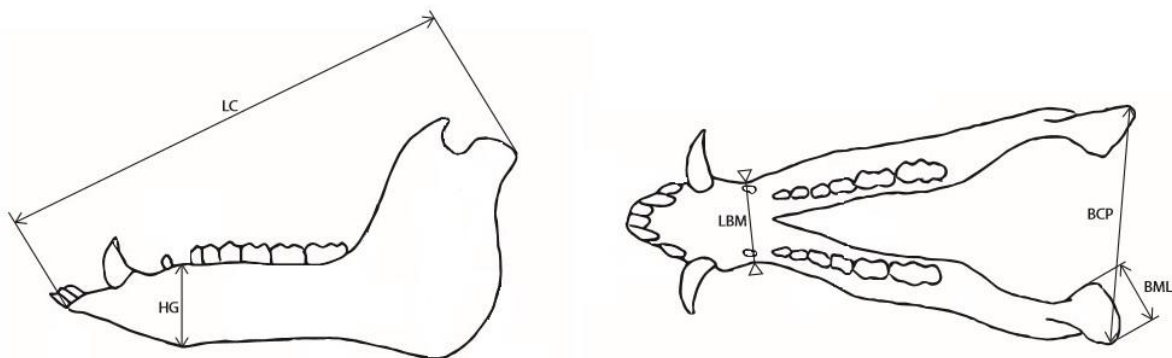
Vývoj chrupu černé zvěře															
Věk	Věková kategorie	Měsíc života	Označení zubů												
	sele	1				i ₃	c								
		2	i ₁							p ₁	p ₂				
		3		i ₂											
		4											p ₃		
		5													
		6							P _{1a}					M ₁	
		7													
		8													
		9													
		10				I ₃	C								
		11													
		12												M ₂	
1 rok	lončák	13													
		14													
		15	I ₁									P ₃			
		16								P ₁	P ₂				
		17													
		18													
		19													
		20		I ₂											
	21														
	22														
	23														
	24														
2 roky		25													
		26													
		27													
		28											M ₃		
		29													
		30													
		31													

Tabulka 3: Věkové kategorie. Autor: Klára Košinová, 2021

Věková kategorie	Rozsah
1	do 3 měsíců
2	do 5 měsíců
3	do 6 měsíců
4	do 8 měsíců
5	do 10 měsíců
6	do 12 měsíců
7	do 14 měsíců
8	do 16 měsíců
9	do 18 měsíců
10	do 20 měsíců
11	20 +

5.2.1 Ruční měření – digitální posuvné měřítko

Primárně byly čelisti měřeny digitálním posuvným měřítkem. V případě obou měření (posuvné měřítko, 3D skener) byly měřeny následující rozměry: LC (délka od přední části *pars incisive* k anteriorní části *processus condylaris*), HG (výška dolní čelisti od spodní části *symphysis mandibulae* k vrcholu *margo intervalveolaris*), LBM (nejmenší šíře čelisti v oblasti *margo intervalveolaris*), BCP (šířka čelisti mezi středními a bočními okraji *caput mandibulae*) a BML (šířka *caput mandibulae*) (Obrázek 1). Pro měření bylo použito digitální posuvné měřítko Kinex 6040-02-300, přesnost tohoto měřítka uváděná výrobcem je 0,02 – 0,04 mm. Před každým měřením bylo měřítko vynulováno (zkalibrováno).



Obrázek 1: Měřené kranio-metrické rozměry (LC, HG, LBM, BCP, BML). Zdroj: Klára Košinová, 2021

5.2.2 Měření 3D scannerem

Pro porovnání přesnosti měření byl použit 3D scanner ATOS (Advanced Topometric Sensor) Compact Scan 12M Essential Line. Scanner byl opatřen kamerami s rozlišením 12Mpx a pruhovým projektorem. Vzhledem k velikosti objektů byly zvoleny kamery s měřicím objemem 300 mm. Výsledným souborem dat z měření je soubor STL, 3D souřadnice bodů, řezy, obrysové linie nebo výstupní protokoly kvality. Software GOM Inspect umožňuje vyhodnotit a porovnat soubory naměřených dat s výchozí CAD.

Byly použity referenční body o velikosti 1,5 mm. Na čelist byly umístěny vždy 4 referenční body, z každé strany čelisti dva, jeden do oblasti bradového otvoru druhý do oblasti žvýkačové jámy (Obrázek 2). Referenční body byly rovněž umístěny rovnoměrně na otočné podložce.



Obrázek 2: Umístění referenčních bodů na mandibule. Zdroj: Klára Košinová, 2021

Každá čelist byla následně umístěna na automatickou otočnou podložku do „základní polohy“, v případě čelisti boční pohled na pravou stranu. Snímkování bylo nastaveno na 8 snímků na 360° otočení podložky. Před zahájením snímání byl nastaven kontrast objektu a kontrast referenčních bodů.

Každá mandibula byla vzhledem k měřeným parametrům snímána pouze v jedné poloze. Bylo zaznamenáno rozlišení, ve kterém byl objekt naskenován. Po konjunkci měřicích sérií je provedena polygonizace na standardní úrovni. Následně byl objekt exportován. Výstupem snímání je digitalizovaný „mesh“ objekt.

Inspekce objektu byla prováděna prostřednictvím programu GOM Inspect 2019. Základní úprava objektu byla založena na vyčištění objektu od náhodně nasnímaných prvků v jeho okolí. V případě chybějící polygonální sítě byly otvory doplněny tak, aby nenarušovaly přirozený tvar části objektu a nezpůsobily tak nepřesnost v měření.

5.2.3 Statistická analýza

Pro určení rozdílu mezi měřením kraniometrických rozměrů oběma metodami bez rozdílu věku byla použita jednofaktorová analýza rozptylu a následný post-hoc test Tukey HSD. K testování vzájemného vztahu metod měření, věku jedince a kraniometrických rozměrů byla použita vícefaktorová analýza rozptylu. Veškeré testování bylo provedeno v programu Statistika 13.0 a výsledky byly považovány za signifikantní v případě, že hodnota $p < 0.05$.

6 Výsledky

6.1 Porovnání měřících metod

V základním srovnání obou měřících metod byla porovnána přesnost měření. V případě digitálního posuvného měřítka se přesnost pohybovala v rozmezí 0,02 – 0,04 mm, jedná se o přesnost udávanou výrobcem. Objekt před měřením digitálním posuvným měřítkem není třeba připravovat. Nejčastěji měřenými rozměry touto metodou jsou délky a šířky objektu. Hlavním omezujícím faktorem je v případě digitálního posuvného měřítka nemožnost měření složitějších objektů, či rozměrů v rámci objektu, které jsou špatně uchopitelné a měřítko není možné stabilně uchopit v jednom bodu. Rozdíl mezi prvním a druhým měřením posuvným měřítkem byl průměrně 0,37 mm. Pro větší eliminaci chyby je třeba měřítko vynulovat (Tabulka 4).

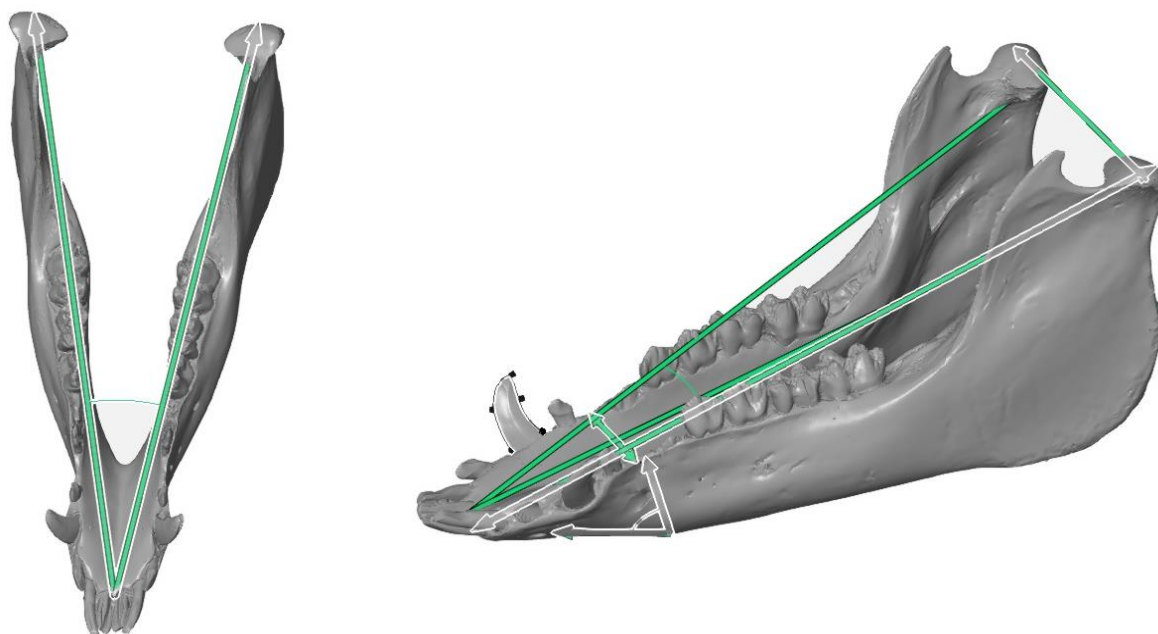
Deklarovaná přesnost skeneru je 0,01 mm, při čemž v případě našeho měření se rozlišení objektů pohybovalo v rozmezí od 0,007 do 0,085 mm (Tabulka 5). Před měřením je třeba na čelist umístit referenční body. Tento krok zabere zhruba 1 minutu. V případě měření rozměrů objektu je skener minimálně limitován. U objektu je kromě vzdálenosti mezi určenými body možné měřit také úhly, vytvářet a měřit délky křivek, objem celého objektu i jeho jednotlivých částí či vzájemnou podobnost několika objektů mezi sebou (Obrázek 3, 4, 5, 6). Limitujícím faktorem skeneru jsou převážně lesklé a tmavé povrchy objektu, srst či peří. Jednotlivá měření jsou replikovatelná s nulovou odchylkou. Pro přesné a správné měření je zapotřebí skener kalibrovat alespoň jednou týdně (Tabulka 4).

Tabulka 4: Porovnání měřících metod.

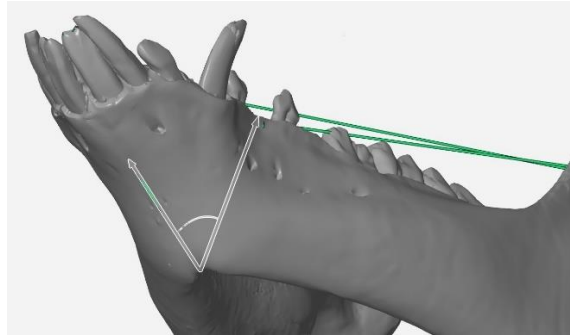
	Přesnost (mm)	Časová náročnost přípravy (min)	Časová náročnost měření	Měřitelné proměnné	Limity	Odchylka druhého měření (mm)	Další požadavky
Digitální posuvné měřítko	0,02-0,04	0	4	rozměr měřitelný z bodu do bodu (délka, šířka)	Lze měřit pouze základní rozměry	0,37	pravidelná "kalibrace" vynulováním před každým měřením
3D scanner	0,01	1	1	rozměry z bodu do bodu, úhly, křivky (délka), objem celého objektu i jednotlivých částí, podobnost	lesklé, tmavé objekty, srst, peří	0	kalibrace 1x za týden, stálá okolní teplota (+2°C)

Tabulka 5: Rozlišení 3D skeneru.

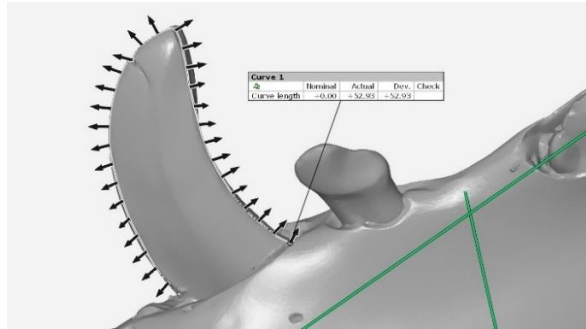
Mean	Min	Max	St. Deva
0,031267	0,007000	0,085000	0,018301



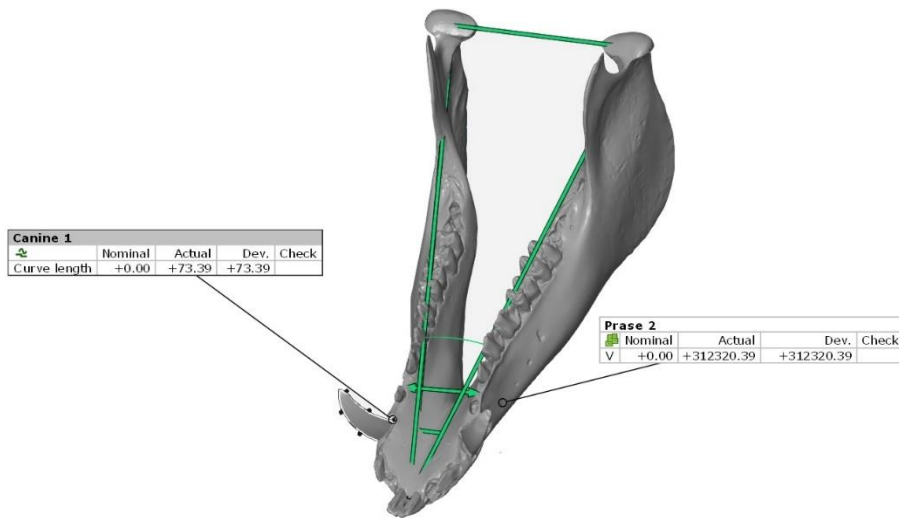
Obrázek 3: Měřitelné parametry 3D skenerem – úhel čelistí, sklon řezákové části čelistí, LC, BCP, HG (3D sken).



Obrázek 4: Sklon řezákové části čelisti.



Obrázek 5: Měření křivek – nejdější obvod špičáku nad alveolou.



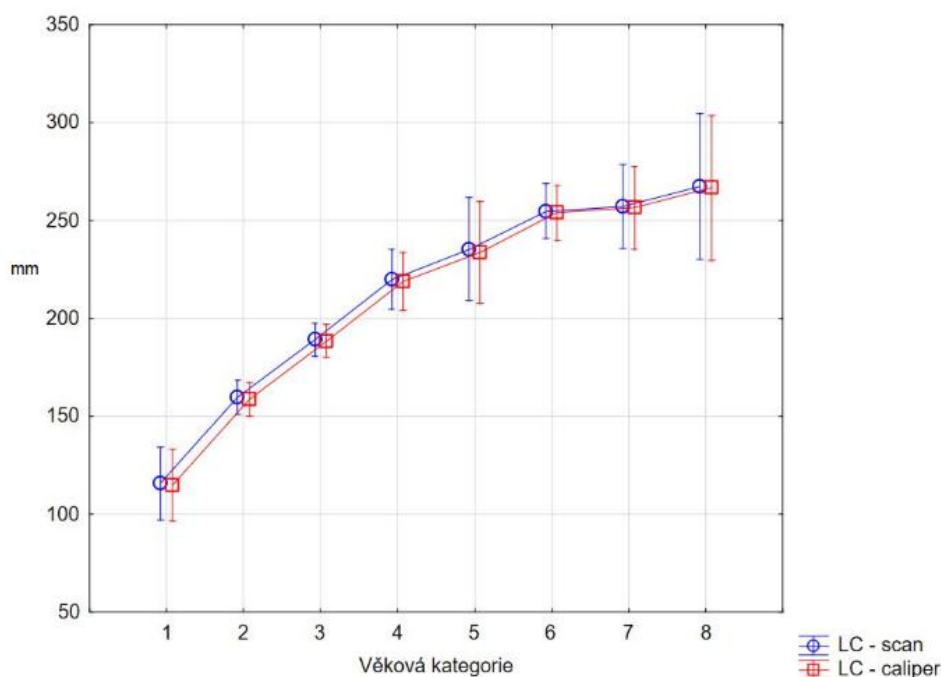
Obrázek 6: Objem objektu mandibuly.

6.2 Porovnání kraniometrických měření provedených oběma metodami

Tabulka 6: Porovnání kraniometrických rozměrů měřených oběma metodami (dolní index s=scanner; dolní index c=caliper,)

	Mean	Mean	P
	Scanner	Caliper	
LCs vs. LCc	192,46	191,59	<0.001
BCPs vs. BCPc	89,70	89,08	<0.001
BMLs vs. BMLc	19,58	19,98	0,42
HGs vs. HGc	32,23	31,94	0,08
LBM vs. LBMc	31,30	31,65	<0.001

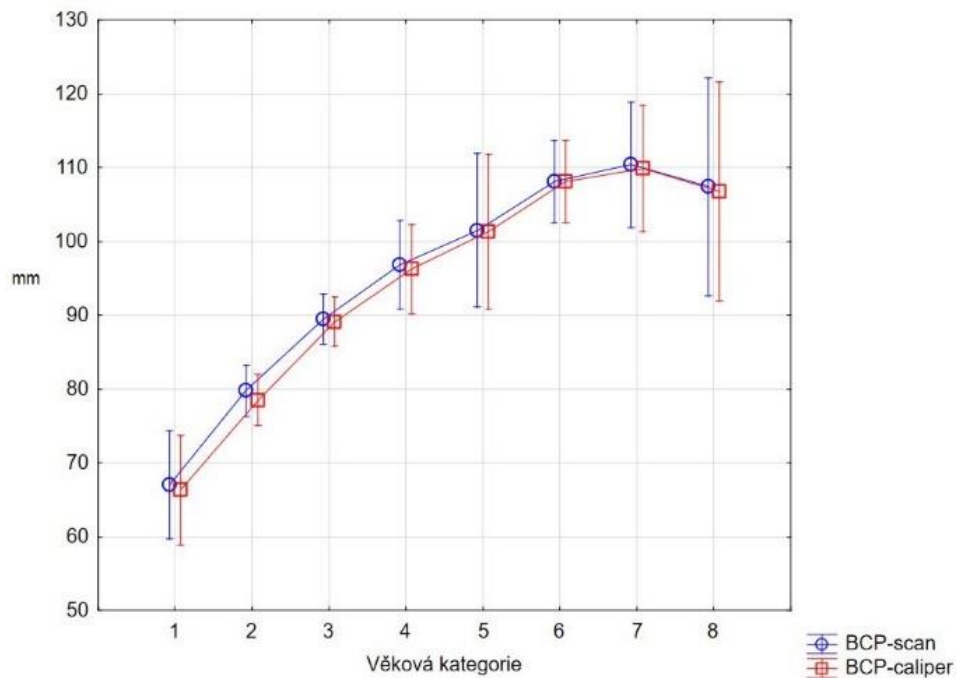
Rozměry LC, BCP a LBM vykazují statisticky významný rozdíl ($p < 0.001$) při měření pomocí digitálního posuvného měřítka a 3D skeneru. Průměrná délka čelisti LCc naměřená posuvným měřítkem byla o 0,87 mm větší než v případě měření pomocí 3D scanneru LCs. Obdobný trend byl zaznamenán také u parametrů BCP a LBM. Naopak v případě šířky kondyly měřené posuvným měřítkem BMLc a šířky čelisti v řezákové části HGc byly zaznamenány nižší průměrné hodnoty, než při měření stejných rozměrů BMLs a HGs pomocí 3D scanneru.



Graf 1: Porovnání měření rozměru LC pomocí obou metod v závislosti na věkových kategoriích

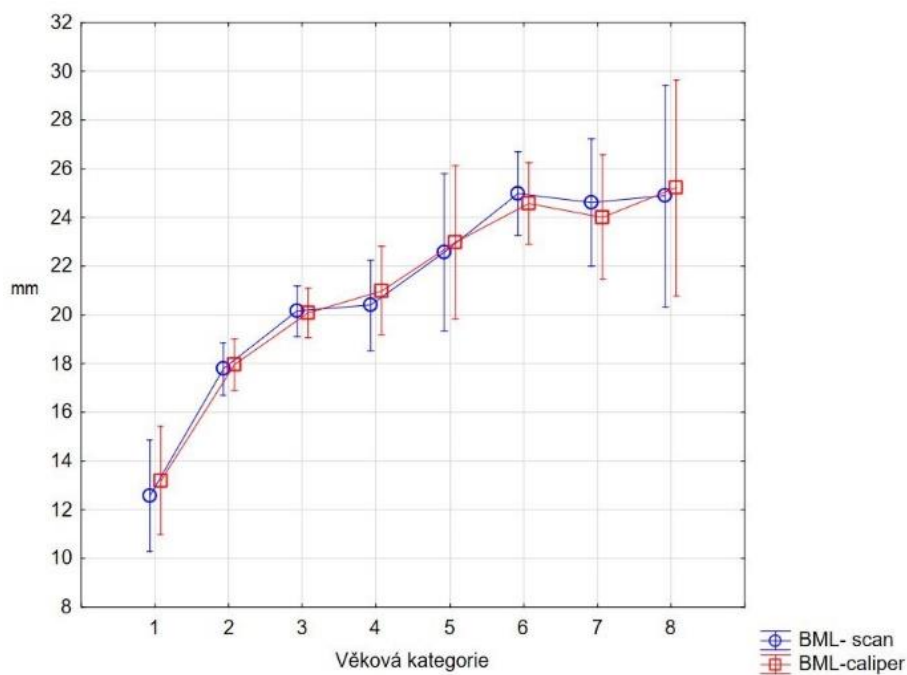
Vzájemná závislost věku jedince a kraniometrických rozměrů byla signifikantní ($p < 0.001$) (Graf 1,2,3,4,5). V případě délky čelisti LC nebyla prokázána závislost přesnosti měření na věku jedince. Ve všech věkových kategoriích byly zaznamenány vyšší hodnoty v případě měření skenerem než při měření posuvným měřítkem. Největší rozdíl byl zaznamenán v páté

věkové kategorii, kdy v případě měření pomocí skeneru byla průměrná hodnota LCs 235,50 mm, v případě posuvného měřítka LCc 233,89 mm. Naopak nejmenší rozdíl mezi hodnotami naměřenými skenerem a posuvným měřítkem byly v sedmé věkové kategorii, kdy průměrná hodnota LCs byla 257,07 mm a průměrná hodnota LCc 256,57 mm (Graf 1).



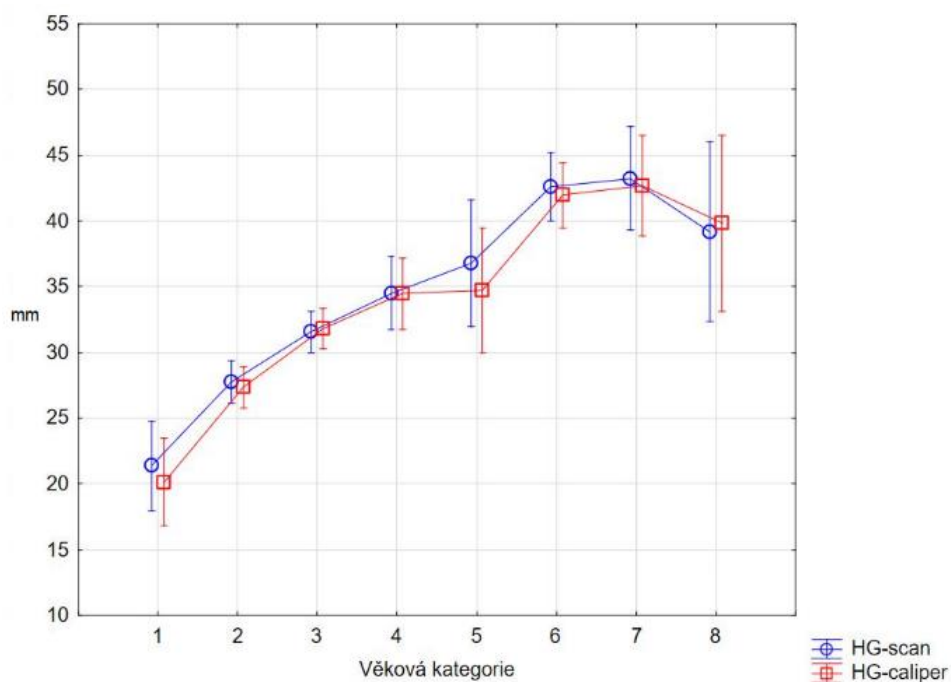
Graf 2: Porovnání měření rozměru BCP pomocí obou metod v závislosti na věkových kategoriích.

Ani v případě šířky čelisti nebyla prokázána závislost přesnosti měření na věku jedince. Ve všech věkových třídách byly hodnoty zaznamenané 3D skenerem vyšší oproti hodnotám měřeným pomocí digitálního posuvného měřítka. Při porovnání rozměru BCP v obou metodách byl největší rozdíl naměřen ve druhé věkové kategorii, v případě měření skeneru byla hodnota BCPs 79,74 mm a v případě posuvného měřítka BCPc 78,50 mm. Nejmenší byl rozdíl v šesté věkové kategorii, průměrná hodnota naměřená skenerem byla BCPs 108,10 mm a měřítkem byla BCPc 108,09 mm (Graf 2).



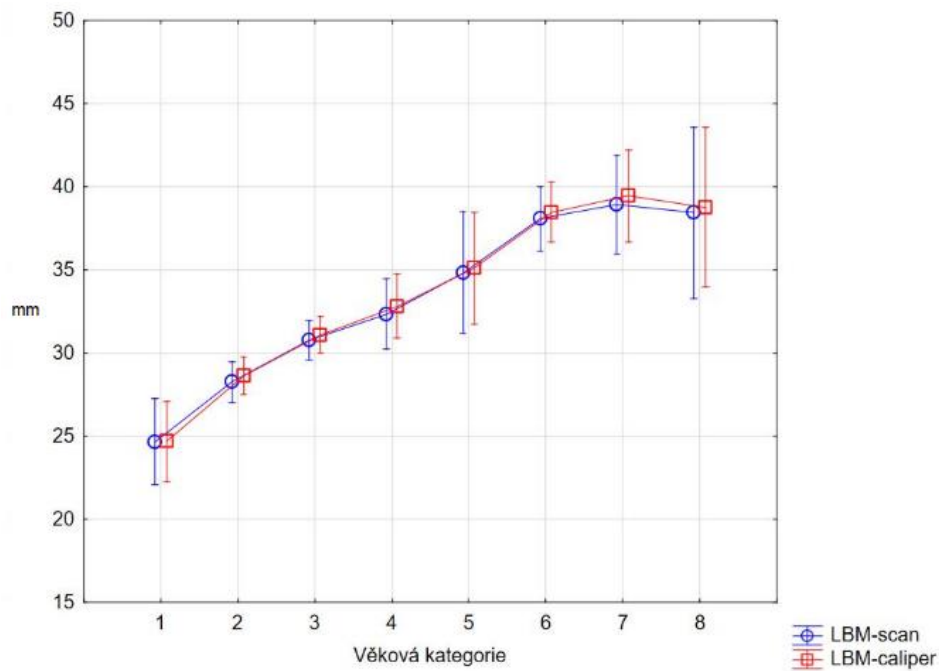
Graf 3: Porovnání měření rozměru BML pomocí obou metod v závislosti na věkových kategoriích.

U šířky *caput mandibulae* se prokázala závislost přesnosti měření na věku jedince. V pěti z osmi případů byly naměřeny vyšší hodnoty pomocí digitálního posuvného měřítka, a to v případě věkových kategorií jedna, dva, čtyři, pět a osm. Ve věkových kategoriích tři, šest a sedm bylo měření přesnější pomocí 3D skeneru. Nejvyšší rozdíl byl prokázán v kategorii jedna, v případě měření pomocí skeneru byla hodnota BMLs 12,57 mm, u digitálního posuvného měřítka BMLc 13,20 mm. Oproti tomu nejnižší rozdíl vznikl ve třetí věkové kategorii, průměrná hodnota naměřená skenerem byla BMLs 20,16 mm a digitálním posuvným měřítkem BMLc 20,08 mm (Graf 3).



Graf 4: Porovnání měření rozměru HG pomocí obou metod v závislosti na věkových kategoriích.

U výšky čelisti se neprokázala závislost přesnosti měření na věku jedince. Zde byly vyšší hodnoty naměřeny pomocí 3D skeneru, avšak v případě věkové kategorie tři a osm byly hodnoty vyšší u hodnot měřených digitálním posuvným měřítkem. Nejvyšší průměrný rozdíl byl prokázán v kategorii jedna, a to u 3D skeneru HGs 21,39 mm a u digitálního posuvného měřítka HGc 20,15 mm. Nejnižší rozdíl byl prokázán v kategorii čtyři, u 3D skeneru HGs 34,53 mm a u digitálního posuvného měřítka HGc 34,48 mm (Graf 4).



Graf 5: Porovnání měření rozměru LBM pomocí obou metod v závislosti na věkových kategoriích.

U posledního měřeného rozměru, nejužší část mandibuly, nebyla prokázána závislost přesnosti měření na věku jedince. U tohoto rozměru byly všechny naměřené hodnoty vyšší u měření pomocí digitálním posuvným měřítkem. Nejvyšší rozdíl se ukázal v kategorii sedm, 3D skener naměřil průměrnou hodnotu LBMs 38,96 mm a průměrná hodnota digitálním posuvným měřítkem byla LBMc 39,46 mm. A nejnižší rozdíl byl v kategorii jedna, průměrná hodnota naměřená 3D skenerem byla LBMs 24,67 mm a u digitálního posuvného měřítka průměrná hodnota činila LBMc 24,68 mm (Graf 5).

7 Diskuse

Kraniometrická měření lze provádět řadou metod. Nejčastěji používanou metodou pro měření kraniometrických rozměrů je pravděpodobně posuvné měřítko (HIDEKI et al., 2002; MANDERBACHER, 2008; CONSTANTINESCU et al., 2014; MARKOV, 2014; MATTIOLI et FERRETTI 2014; MARKOV et al., 2016; MORATA et al., 2019; NETO et al., 2020), množství získaných rozměrů touto metodou je však omezené na měření délek a šířek. Nejvíce omezujícím faktorem je v případě digitálního posuvného měřítka nemožnost měření složitějších objektů, či rozměrů v rámci objektu, které jsou špatně uchopitelné a měřítko není možné stabilně uchopit v jednom bodu. Přesnost měřítok bývá uváděna výrobcem, obvykle se pohybuje okolo hodnot 0,01 mm (MANDERBACHER 2008; CONSTANTINESCU et al., 2014; MARKOV 2014; MATTIOLI et FERRETTI 2014; MARKOV et al., 2016; NETO et al., 2020). V této práci bylo použito digitální posuvné měřítko Kinex 6040-02-300, jehož přesnost uváděná výrobcem je 0,02 – 0,04 mm.

Určité řešení nedostatků posuvných měřítok přináší geometrická morfometrie (CARDINI et ELTON, 2007; CHEMISQUI et al., 2021), díky které můžeme vyhodnotit střední velikosti a tvary, odchylky velikosti a tvaru, úhly alometrických trajektorií (CARDINI et ELTON, 2007).

Napříč vědními obory jsou používány zobrazovací metody, jako je počítačová tomografie (KUZMINSKY et al., 2012; LALONA et al., 2015), počítačová tomografie s kuželovým paprskem (GRIBEL 2011; KIM et al., 2012) nebo multidetektorová počítačová tomografie (KIM et al., 2012). Poměrně často se tato zařízení využívají v ortodontické praxi (GRIBEL, 2011; KIM et al., 2012; TONEVA 2017). Všechny uvedené zobrazovací metody vykazují velmi vysokou spolehlivost. Avšak takováto zařízení není vhodné využívat u vzorků, se kterými by se mělo dále pracovat ve vědeckém výzkumu, a to z důvodu rentgenového záření, které emitují. Jako další technologii lze zmínit i magnetickou rezonanci, při které se však musí do těla vpravit kontrastní látka, které zvýrazní zkoumané oblasti (DZIEŃCIOŁ et al., 2020).

Dále jsou k dispozici mnohem přesnější metody měření pomocí 3D skenerů, která přináší další měřitelné veličiny. Jedná se však často o finančně i uživatelsky náročná zařízení (BARBA et al., 2013). Námi použitý ATOS Compact Scan 12M Essential Line dokáže měřit rozměry z bodu do bodu, úhly, křivky (délka), objem celého objektu i jednotlivých částí a porovnávat vzájemnou podobnost objektů mezi sebou. Bohužel i pro skenery existují některé limitující faktory, jako jsou lesklé a příliš tmavé objekty, srst nebo peří.

ATOS Compact Scan 12M Essential Line, disponuje základním rozlišením 0,001 mm, v případě provedených měření bylo rozlišení v rozmezí od 0,007 do 0,085 mm, což je vyšší rozlišení, než uvádí TONEVA et al. (2017), kdy se přesnost ručního skeneru Creaform VIUScan™ pohybovala kolo 0,050 mm a rozlišení 0,7 mm. Menší rozlišení uvádí i ruční skener ARTEC MH uvádí přesnost 0,1 mm a rozlišení 0,5 mm a nízkoprofilový 3D skener DAVID pracující s kamerami s rozlišením 1600 x 1200 (BARBA et al., 2013). Méně přesný než náš skener a ruční skener Creaform VIUScan™ je ruční skener FastSCAN Cobra, u kterého výrobce uvádí rozlišení 0,5 mm přesnost 1 mm (PARK et al., 2006). U optického skeneru Steinbichler Comet L3D je uváděno rozlišení 2Mpx, 1600x1200 pixelů a u laserového skeneru 0,040 mm (TÓTH et ŽIVČÁK, 2014).

Ačkoliv je přesnost digitálních posuvných měřitek uváděna obdobná, jako u skeneru ATOS Compact Scan, porovnání kraniometrických rozměrů měřených oběma metodami vykazuje signifikantní rozdíl v případě rozměrů LC, BCP a LBM.

8 Závěr

Měření pomocí digitálního posuvného měřítka se ukázalo ve srovnání s 3D skenerem mnohem méně přesné avšak i tak nám dokáže zajistit uspokojivé výsledky. Problém s posuvnými měřítky spočívá v tom, že jednotlivá měření nelze replikovat. Pro vyšší přesnost je vhodné, aby jednotlivá měření prováděl jeden pracovník, a to i v případě, že se bude měření opakovat. Přesnost měření byla zjišťována na dolních čelistech prasete divokého (*Sus scrofa*) a díky podobným měřením a ohledáváním čelistí lze zjistit přibližné údaje o vitalitě a vývoji jedince, v neposlední řadě i informace o vhodnosti způsobu, se kterým se hospodaření se zvěří. Měření pomocí posuvných měřítok se dá považovat za plně dostačující například v myslivecké praxi při měření trofejí.

Problém s replikací měření dokázal vyřešit skener ATOS Compact Scan 12M Essential Line. Skener má dobré rozlišení, které společně s vhodným měřicím objemem a stabilní polohou objektu zajišťují vyšší přesnost skenování. Přesnost u různých druhů skenerů dále ovlivňuje využitá technologie, v případě skeneru ATOS je založená na zaměření laseru do jednoho bodu a následném pruhovém snímání. Kvalitu výstupů skenů zajišťuje postprocessing. Při měření objektů se využívají referenční body, které se umisťují na skenovaný objekt a tím se usnadňuje skeneru orientace v prostoru, zvláště pak v případech, kdy je potřeba skenovaný objekt otáčet a není v jedné poloze. Skenování objektů přináší mnoho nových a užitečných poznatků a zdrojů informací, které dokážou doplnit a upřesnit měření provedené pomocí posuvných měřítok. Díky technickému pokroku jsou dnes na trhu různé druhy skenerů, od velkých nepřenosiých jako je počítačová tomografie nebo magnetická rezonance, přes mobilní jako skener využitý v této práci, až po ruční skenery. Ceny ručních skenerů se pohybují v nižších cenových relacích oproti statickým skenerům. Tyto ruční skenery jsou snadno přenosné díky svým malým rozměrům a hmotnosti, která se pohybuje zhruba od 0,5 do 2 kilogramů. Rozlišení a přesnost těchto skenerů však nedosahuje takové kvality jako tomu je u statických skenerů.

Většina kraniometrických studií však stále používá původní měřičské metody, což může být způsobeno nedostatečným metodickým podkladem, který ukazuje využití 3D zobrazovacích metod právě v odvětví kraniometrie. Srovnání přesnosti jedné z nejzákladnějších metod a naopak velmi nové technologie tak ukazuje možnost aplikovatelnosti 3D skenerů a potenciál k získání relevantnějších a rozsáhlejších výstupů, než je tomu u základních měřičských metod.

9 Seznam literatury a použitých zdrojů

ANDĚRA, M.; HORÁČEK, I.; HOŠEK, J.; ROŽÁNKOVÁ, J. *Poznáváme naše savce*. 1. vydání. Praha: Sobotáles, 2005. 327 stran. ISBN 8086817083.

BÁDR, V. *ODHAD A PŘESNÉ STANOVENÍ VĚKU ULOVENÉ SPÁRKATÉ ZVĚŘE*. 1. vydání. Rychnov nad Kněžnou: Uniprint, 2018. 148 stran. ISBN 978-80-905793-9-2.

BARBA, S.; FIORILLO, F.; De Feo. 3D-ANTLERS: VIRTUAL RECONSTRUCTION AND THREE-DIMENSIONAL MEASUREMENT. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. 2013, **XL-5/W1**, 15-20 [cit. 2020-11-05]. Dostupné z: <doi:10.5194/isprsarchives-XL-5-W1-15-2013>. ISSN 16821750.

BOBRETISOV, A. V.; PETROV, A. N.; BYKHOVETS, N. M.; SHCHIPANOV, N. A. Craniometric Variability of the Common Shrew (*Sorex araneus*, Eulipotyphla) in the Northeastern Part of European Russia: Effects of Various Factors. *Biology Bulletin*. 2020, vol. 47, no. 9, s. 1201-1213. ISSN 1062-3590. Dostupné z: doi:10.1134/S1062359020090046

CARDINI, A.; ELTON, S. Sample size and sampling error in geometric morphometric studies of size and shape. *Zoomorphology*. 2007, vol. 126, no. 2, s. 121-134. ISSN 0720-213X. Dostupné z: doi:10.1007/s00435-007-0036-2.

ČERVENÝ, Č.; KOMÁREK, V.; ŠTĚRBA, O.; DVORSKÝ, P.; POSTNÍKOVÁ, V. *Koldiv atlas veterinární anatomie*. 1. vydání. Praha: GRADA Publishing, 1999. 704 stran. ISBN 80-7169-352-9.

Český statistický úřad. *Statistická ročenka Kraje Vysočina – 2020* [online] : 2. území a podnebí. Praha : Český statistický úřad, 2020 [cit. 2021-02-04]. Dostupné WWW: <<https://www.czso.cz/csu/czso/2-uzemi-a-podnebi-d128phx2n7>> .

CONSTANTINESCU, R.; COSIER, V.; COCAN, D.; MIRESAN, V. Comparison of Craniometric Features between Domestic Pig (*Sus scrofa forma domestica*) and Wild Boar (*Sus scrofa*) from Transylvania Region. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies*. 2014, vol. **71**, no. 2, s. 147-154. ISSN 1843-536X. DOI 10.15835/buasvmcn-asb:10833

DEHNEL, A. 1949. The research into the *Sorex* L. Ann. UMCS, c., IV, 1. (In Polish.).

DZIĘCIOŁ, M.; PODGÓRSKI, P.; STAŃCZYK, E. MRI Features of the Vomeronasal Organ in Dogs (*Canis Familiaris*). *Frontiers in Veterinary Science* [online]. 2020, vol. 7 [cit. 2020-02-20]. ISSN 2297-1769. Dostupné z: doi:10.3389/fvets.2020.00159

ENDO, H., S. MAEDA, D. YAMAGIWA, M. KUROHMARU, Y. HAYASHI, S. HATTORI, Y. KUROSAWA a K. TANAKA. Geographical variation of mandible size and shape in the Ryukyu wild pig (*Sus scrofa riukiuanus*). *Journal of Veterinary Medical Science (Japan)* [online]. 1998, vol. 60, no. 1, 57-61 [cit. 2020-11-11]. ISSN 09167250.

ENDO, H.; YOSHIHIRO, H.; KYOMI, Y.; MASAHURU, M.; JAI-CHIY, K. P.; LIANG-KONG, L.; CHENG-HAN, CH.; TATSUO, O. Geographical Variation of Mandible Size and Shape in the Wild Pig (*Sus scrofa*) from Taiwan and Japan. *Zoological Studies* [online]. 2002, vol. 41, no. 4, 452-460 [cit. 2020-08-26].

EVIN, A.; SOUTER, T.; HULME-BEAMAN, A.; AMEEN, C.; ALLEN, R.; VIACAVA, P.; CUCCHI, T.; DOBNEY, K. The use of close-range photogrammetry in zooarchaeology: Creating accurate 3D models of wolf crania to study dog domestication. *Journal of Archaeological Science: Reports* [online]. 2016, vol. 9, no. 1, s. 87-93 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.06.028>

FENG, H.; LIU, Y.; XI, F. Analysis of digitizing errors of a laser scanning system. *Journal of the International Societies for Precision Engineering and Nanotechnology* [online]. 2001, vol. 25, no. 1, s. 185-191 [cit. 2021-02-20]. DOI doi:S0141-6359(00)00071-4

FORST, P. *MYSLIVOST*. 2. vydání. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1983. 336 stran. ISBN 07-013-83.

GENOV, P.; MASSEI G.; NIKOLOV H. Morphometrical analysis of two mediterranean wild boar populations. Bulgaria, 1995, (IBEX J.M.E. 3:69-70).

GRIBEL, B.; GRIBEL, M.; FRAZÃO, D.; MCNAMARA, J.; MANZI, F. Accuracy and reliability of craniometric measurements on lateral cephalometry and 3D measurements on CBCT scans. *The Angle orthodontist* [online]. 2011, vol. 81, no. 1, 26-35 [cit. 2020-11-07]. DOI 10.2319/032210-166.1.

HANZAL, V.; HART, V.; FOREJTEK, P.; MRKVIČKOVÁ KOŘANOVÁ D. *MYSLIVOST II*. 1. vydání. Praha: Druckvo, 2016. 320 stran. ISBN 978-80-213-2703-0.

HARLING G. G.; KEIL B. *Praktická příručka pro lov černé zvěře*. Český Těšín: Vydavatelství Víkend, 2009. 127 stran. ISBN 978-80-7433-002-5.

HOHL, L. S. L.; SICURO, F. L.; AZORIT, C.; CARRASCO, R.; ROCHA-BARBOSA, O. Age and Sex-Related Geometrical Variation of Ramus mandibulae of *Sus scrofa*'s (*Mammalia: Artiodactyla*) Jaws / Variaciones Geométricas del Ramus mandibulae en Mandíbulas de *Sus scrofa* (*Mammalia: Artiodactyla*). *International Journal of Morphology* [online]. 2014, vol. 32, no. 4, 1282-1288 [cit. 2020-11-11]. ISSN 07179502. DOI doi:10.4067/S0717-95022014000400026

HROMAS, J. *MYSLIVOST*. Písek: Matice lesnická, 2008. 559 stran. ISBN 978-80-86271-00-2.

CHEMISQUY, A.; TARQUINI, S.; MUÑOZ, C.; PREVOSTI, F. Form, Function and Evolution of the Skull of Didelphid Marsupials (*Didelphimorphia: Didelphidae*). *Journal of Mammalian Evolution*. 2021, vol. 28, no. 1, s. 23-33. DOI doi.org/10.1007/s10914-019-09495-4

KIERDORF, H.; KIERRDORF, U. Abnormal lower tusks in a male wild boar (*Sus scrofa* L.). *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* [online]. 2003, vol. 49, no. 2, s. 150-155 [cit. 2020-11-11]. ISSN 0044-2887.

KIM, M.; HUH, K.; YI, W.; HEO, M.; LEE, S.; CHOI, S. Evaluation of accuracy of 3D reconstruction images using multi-detector CT and cone-beam CT. *Imaging Science in Dentistry*. 2012, vol. 42, no.1, s. 25-33. ISSN 2233-7822. DOI 10.5624/isd.2012.42.1.25

KONJEVIĆ, D.; KIERDORF, U.; MANOJLOVIĆ, L.; SEVERIN, K.; JANICKI, Z.; SLAVICA A.; RIENDL B.; PIVAC, I. The spectrum of tusk pathology in wild boar (*Sus scrofa* L.) from Croatia. *VETERINARSKI ARHIV* [online]. 2006, vol. 76, 91–100 [cit. 2020-10-25]. ISSN 0372-5480.

Kraj Vysočina. *O kraji Vysočina* [online]. Jihlava : Kraj Vysočina, 2008 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z WWW: <<https://www.kr-vysocina.cz/vitejte-na-vysocine/d-4000086/p1=1205>>.

KUZMINSKY, S. C.; GARGINER, M. S. Three-dimensional laser scanning: potential uses for museum conservation and scientific research. *Journal of Archaeological Science* [online]. 2012, vol. 39, no. 8, 2744–2751 [cit. 2020-10-25]. ISSN 03054403. DOI 10.1016/j.jas.2012.04.020

- LALONE, E. A.; WILLING, R. T.; SHANNON, H. L.; KING G. J. W.; JOHNSON, J. A. Accuracy assessment of 3D bone reconstructions using CT: an intro comparison. *Medical Engineering and Physics*. 2015, vol. 37, no. 8, s. 729-738. ISSN 13504533. DOI 10.1016/j.medengphy.2015.04.010
- LEE, M.; GERDAU-RADONIC, K. Variation within physical and digital craniometrics. *Forensic Science International* [online]. 2020, Vol. 306 [cit. 2020-11-11]. ISSN 03790738. Dostupné z: doi:10.1016/j.forsciint.2019.110092
- LOCHMAN, J. *Posuzování věku živé a ulovené zvěře užitkové*. 1. vydání. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1978. 269 stran. DT 639.156.1.
- MADERBACHER, M.; BAUER, C.; HERLER, J.; POSTL, L.; MAKASA, L.; STURMBAUER, C. Assessment of traditional versus geometric morphometrics for discriminating populations of the *Tropheus moorii* species complex (*Teleostei: Cichlidae*), a Lake Tanganyika model for allopatric speciation. *Journal of Zoological Systematics* [online]. 2008, vol. 46, no. 2, 153-161 [cit. 2020-11-11]. ISSN 09475745. DOI 10.1111/j.1439-0469.2007.00447.x
- MARKOV, G. Morphometric Variations in the Skull of the Red Deer (*Cervus elaphus* L.) in Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*. 2014, vol. 66, s. 453-460
- MARKOV, N.; BOLSHAKOV, V.; KORABLEV P.; ZAGAINOVA O. Morphological traits of wild boar in Germany and Russia: comparison of autochthonous and artificial populations. *Beiträge zur Jagd – und Wildforschung* [online]. 2016, vol. 41 [cit. 2020-11-11].
- MATTIOLI S.; FERRETTI F. Morphometric characterization of Mesola red deer *Cervuselaphusitalicus* (*Mammalia: Cervidae*). *Italian Journal of Zoology* [online]. 2014, vol. 81, no. 1, 144-154 [cit. 2020-11-11]. DOI 10.1080/11250003.2014.895432
- MAYER, J.; BRISBIN, L. Sex Identification of *Sus scrofa* Based on Canine Morphology. *Journal of Mammalogy* [online]. 1988, vol. 69, no. 2, s. 408-412 [cit. 2020-11-11]. DOI 10.2307/1381402. Dostupné také z WWW: <https://www.jstor.org/stable/1381402>
- MORATA, C.; PIZARRO, A.; GONZALEZ, H.; FRUGONE-ZAMBRA, R.; A craniometry-based predictive model to determine occlusal vertical dimension. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2020, vol. 123, no. 4, s. 611-617. ISSN 00223913. DOI 10.1016/j.prosdent.2019.05.009

NETO, A. M.; VIOTTO-DE-SOUZA, W.; FROMME, L.; DOMINGUES, M.; GUIMARÃES, L.; SILVA, T.; SANTOS, A. Craniometry in *Cerdocyon thous* (Carnivora, Canidae). *International Journal of Morphology*. 2020, vol. 38, no. 3, s. 640-644. ISSN 0717-9502. DOI 10.4067/S0717-95022020000300640

OWEN; DOBNEY; EVIN; CUCCHI; LARSON; VIDARSDOTTIR. 2014. The zooarchaeological application of quantifying cranial shapedifferences in wild boar and domestic pigs (*Sus scrofa*) using 3D geometric morphometrics. *Journal of Archaeological Science* [online]. 2014, vol. 43, 159-167 [cit. 2020-11-11].

PARK, H.; CHUNG, J.; KHO, H. Use of hand-held laser scanning in the assessment of craniometry. *Forensic Science International*. 2006, vol. 160, no. 2-3, s. 200-206. ISSN 03790738. DOI 10.1016/j.forsciint.2005.10.007

RATHNAYAKA, K.; SAHAMA, T.; SCHUETZ M. A.; SCHMUTZ, B. Effects of CT image segmentation methods on the accuracy of long bone 3D reconstructions. *Medical Engineering & Physics*. 2011, vol. 33, no. 2, s. 226-233. ISSN 13504533. DOI 10.1016/j.medengphy.2010.10.002

TONEVA, D.; NIKOLOVA, S.; GEORGIEV I.; TCHORBADJIEFF, A. Accuracy of Linear Craniometric Measurements Obtained from Laser Scanning Created 3D Models of Dry Skulls. In GEORGIEV K.; TODOROV M.; GEORGIEV I. (eds) *Advanced Computing in Industrial Mathematics. Studies in Computational Intelligence*. Vol. 681. Springer: Cham, 2017, 215-229. ISBN 978-3-319-49543-9.

TÓTH, T.; ŽIVČÁK, J. A Comparison of the Outputs of 3D Scanners. *Procedia Engineering*. 2014, vol. 69, 393-401. ISSN 18777058. DOI 10.1016/j.proeng.2014.03.004

UHLÍŘOVÁ, H.; IVANOV, M.; NÝVLTOVÁ FIŠÁKOVÁ, M. MORFOMETRICKÁ ANALÝZA POPULACÍ LIŠEK Z POSLEDNÍHO GLACIÁLU MORAVY. *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.* [online]. 2011, vol. XCVI, no. 1, 87-110 [cit. 2020-08-20]. ISSN 1211–8796.

Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem. *Zelená zpráva 2019* [online]. Brandýs nad Labem : Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, 2020 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z WWW: < <http://www.uhul.cz/ke-stazeni/informace-o-lese/zelene-zpravy-mze> >.

VIGNE, J.; ZAZZO, A.; SALIÈGE, J.; POPLIN, F.; GUILAINE, J.; SIMMONS, A.; HOLE, F. *Pre-Neolithic Wild Boar Management and Introduction to Cyprus More than 11,400 Years Ago. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* [online]. 2009, vol. 106, no. 38 [cit. 2020-08-20]. DOI 10.1073/pnas.0905015106. ISSN 00278424.

WOLF, R.; RAKUŠAN, C. *Černá zvěř*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1977. 204 stran.

WOLF, R. *Rukojeť chovu a lovu černé zvěře*. 1. vydání. Písek: Matice lesnická, 1995. 148 stran. ISBN 80-900042-2-9

ZELDITCH, M.; LUNDRIGAN, B.; GARLAND, T. Developmental regulation of skull morphology. I. Ontogenetic dynamics of variance. *Evolution* [online]. 2004, vol. 6, no. 3, 194-206 [cit. 2020-08-20]. DOI 10.1111/j.1525-142X.2004.04025. x. ISSN 1520541X.

10 Seznam příloh

Příloha 1: Metodika výkupu spodních čelistí prasete divokého Krajem Vysočina pro období ulovení zvěře od 1. 11. 2018 – 30. 9. 2019.....	60
---	----

Metodika výkupu spodních čelistí prasete divokého Krajem Vysočina
pro období ulovení zvěře od 1. 11. 2018 – 30. 9. 2019

Početní stavy prasete divokého dlouhodobě narůstají, vysoké jsou i škody působené touto zvěří na zemědělských plodinách a pozemcích. V ČR – na Zlínsku - se objevil africký mor prasat. Je třeba hledat prostředky k řešení těchto negativních aspektů.

Na základě smluvního vztahu zajistí zhotovitel - Českomoravská myslivecká jednota, okresní myslivecké spolky Kraje Vysočina (dále též jen „OMS“) pro objednatele – Kraj Vysočina - od uživatelů honiteb - bez ohledu na vztah uživatele k OMS (členství/nečlenství v Českomoravské myslivecké jednotě) - shromáždění a vyhodnocení spodních čelistí ulovené zvěře prasete divokého. Vedlejším doprovodným efektem možnosti předkládat čelisti může být, i za dodržení běžných zásad řádného lovu, soustředění lovu do předmětné skupiny zvěře.

Za tímto účelem mohou příslušní uživatelé honiteb předložit na jednotlivé OMS v termínu **od 1. 10. 2019 do 11. 10. 2019** standardně upravené spodní čelisti selat a bachyněk - lončaček (viz níže) s příslušným stavem vývoje chrupu. Příslušným uživatelem honitby je pro tento účel uživatel takové honitby, která se alespoň 1/3 výměry nachází na území Kraje Vysočina a v územním obvodu spravovaném zhotovitelem. Příslušným stavem vývoje chrupu se rozumí:

- u selat stav od nejmenších až po ta selata, kdy stolička M1 není zcela vyvinutá. Zpravidla se jedná o selata ve stáří do 7 měsíců

- u bachyní stav, kdy stolička M2 je zcela vyvinutá a zároveň M3 zcela vyvinutá není.

Zpravidla se jedná o bachyně – lončačky ve stáří od 16 do 24 měsíců.

Ostatní předložené čelisti (čelisti s jiným než příslušným stavem vývoje chrupu) budou vyřazeny z dalšího hodnocení a nebudou zahrnuty mezi čelisti odpovídající stanoveným požadavkům. Zvěř musí být ulovena od 1. 11. 2018 do 30. 9. 2019, nelze předkládat markanty zvěře ulovené v oborách. Ke každé z předložených čelistí bude uživatelem honitby přiložena fotokopie příslušného dokladu o vyšetření na svalovce (dále také jen „vyšetření“). OMS všechny předložené markanty průběžně zaeviduje do evidenčního listu a uloží pro další kontrolu a využití. Spodní čelist neodpovídající výše stanoveným požadavkům bude v evidenci označena jako nevyhovující; i tato bude uložena ke kontrole. Kontrolu tohoto hodnocení provede u OMS objednatel do 8. 11. 2018. Výsledkem kontroly bude i stanovení výše finančních prostředků, které budou OMS předány uživateli honiteb za příslušné spodní čelisti. Tyto finanční prostředky budou společně s cenou za provedení prací zaslány na účet zhotovitele. Za předložení čelistí odpovídajících stanoveným požadavkům (včetně standardní úpravy spodní čelisti – viz níže) a řádně vybavených vyšetření budou zhotovitelem uživateli honiteb prokazatelným způsobem předány finanční prostředky ve výši:

- 400 Kč/čelist od bachyně - lončačky prasete divokého se stoličkou M2 zcela vyvinutou a zároveň M3 ne zcela vyvinutou, zpravidla jde o bachyni – lončačku ve stáří od 16 do 24 měsíců

- 500 Kč/čelist od selete prasete divokého s neprořezanou (ani zčásti) stoličkou M1, zpravidla jde o sele ve stáří do cca 3 měsíců

- 350 Kč/čelist od ostatních selat prasete divokého, zpravidla jde o sele od stáří cca 3 do 7 měsíců,

a to nabalované do vyčerpání finančních prostředků dle data podle následující metodiky: nejdříve kategorie bachyněk – lončaček, následně mladších selat, naposledy v řadě kategorie starších selat.; v rozhodný den (při více uživateli) dále vzestupně podle ofic. názvu uživatele.

Pro zamezení opakovanému předkládání téže čelisti ji zhotovitel za přítomnosti objednatele označí/znehodnotí provrtáním čelisti. Žádné ze spodních čelistí se uživateli honiteb zpět nevrací. Na závěr zhotovitel vypracuje dle smlouvy celkovou hodnotící zprávu.

Standardní úpravou spodní čelisti se rozumí předložení celé spodní čelisti zbavené svaloviny a vazů, ošetřené odmaštěním a bělícím prostředkem, např. 10% nebo 30% peroxidem vodíku.

Dodatek č. 1 ze dne 13. 3. 2018

Na všech předkládaných čelistech, které musí být celé (je možné je slepit) bude uveden (popisem na pravé vnější straně čelisti nebo na přelepeném popisném štítku na stejném místě) následující údaj o uloveném kusu zvěře:

- Název honitby, okres
- Datum lovu – den.měsíc.rok
- Pohlaví – symbolem ♂ nebo ♀
- Hmotnost kusu v kg s hlavou a celými běhy (po vyvrhnutí).

Toto jsou povinné údaje na všech předkládaných čelistech za období od 1. 11. 2017 do 31. 10. 2018.

U spodní čelisti bachyňky je navíc třeba po vyvaření ještě v mokřém stavu čelisti:

- uvolnit pravý hák, očistit případné vazy a svalovinu na zubu i uvnitř otvoru po zubu
- po uschnutí bělicího prostředku vložit hák zpět do čelisti
- zajistit omotáním páskou/izolepou kolem čelisti (stejným způsobem jako u popisného štítku) tak, aby hák nevypadl. Takto upravit všechny čelisti kusů bachyňek ulovených po 1. 4. 2018.



Ilustrační obrázek